

الموسوعة الصغيرة
غرائب وعجائب
الزلازل
نادية فريد عبد الرحمن
مكتبة ابن سينا

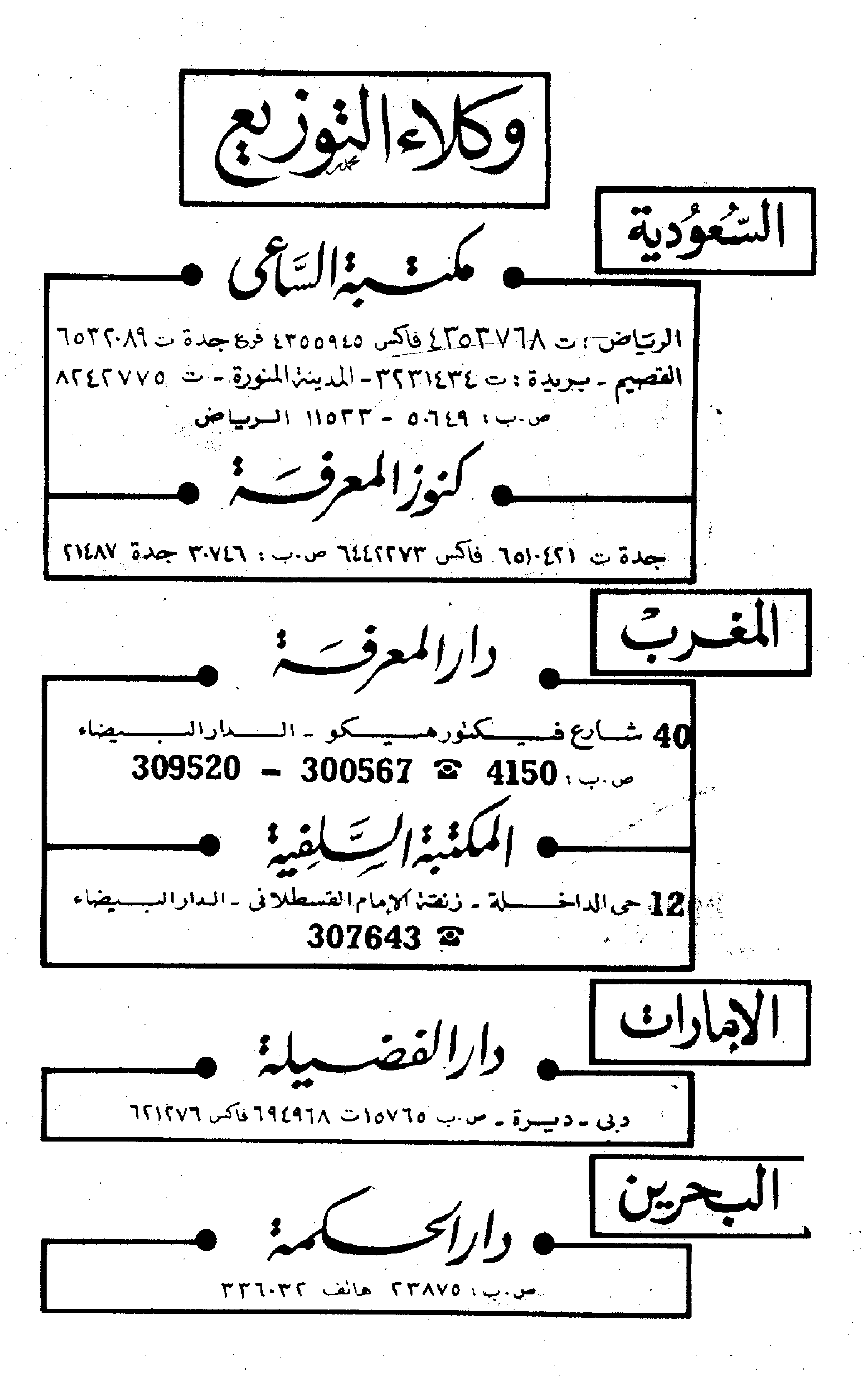
منحة 2006
SIDA
السويد

الموسوعة الصغيرة

غرائب وعجائب الزلازل

نادية فريد عبد الرحمن

مكتبة ابن سينا
للنشر والتوزيع والتصدير
٧٦ شارع محمد فريد - جامع الفتح - النزهة
مصر الجديدة - القاهرة - ت ٢٤٧٩٨٦٢ فاكس ٢٤٨٠٤٨٢


وكلاء التوزيع
السعودية
مكتبة الساعي
الرياض: ت ٤٣٥٣٧٦٨ فاكس ٤٣٥٥٩٤٥ فرع جدة ت ٦٥٣٢٠٨٩
القصيم - بريدة: ت ٣٢٣١٤٣٤ - المدينة المنورة - ت ٨٢٤٢٧٧٥
ص.ب: ٥٠٦٤٩ - ١١٥٣٣ الرياض
كنوز المعرفة
جدة ت ٦٥١٠٤٢١ فاكس ٦٤٤٢٢٧٣ ص.ب: ٣٠٧٤٦ جدة ٢١٤٨٧
المغرب
دار المعرفة
40 شارع فيكتور هيكو - الدار البيضاء
ص.ب: 4150 ☎ 300567 - 309520
المكتبة السلفية
12 حي الداخلة - زنقة الإمام القسطلاني - الدار البيضاء
☎ 307643
الإمارات
دار الفضيلة
دبي - ديرة - ص.ب ١٥٧٦٥ ت ٦٩٤٩٦٨ فاكس ٦٢١٢٧٦
البحرين
دار الحكمة
ص.ب: ٢٣٨٧٥ هاتف ٣٣٦٠٣٢

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

إننا معشر البشر نعيش على سطح كوكب دائم التغيير ومتقلب غير مستقر . كوكب تفاجئه قوى الطبيعة الشرسة بأحداث وكوارث شديدة البأس والدمار ، يقف الإنسان عاجزاً أمامها .

ولا أجد أبلغ ولا أصدق من قول الله ـ سبحانه وتعالى ـ فى محكم كتابه الكريم فى وصف الكوارث الزلزالية المختلفة .

﴿ وكم من قرية أهلكناها فجاءها بأسنا بياتاً أو هم قائلون ﴾ .

[الأعراف : ٤]

﴿ وكانوا ينحتون من الجبال بيوتاً آمنين * فأخذتهم الصيحة مصبحين ﴾

[الحجر : ٨٢ ، ٨٣]

﴿ فأخذتهم الصيحة مشرقين * فجعلنا عاليها سافلها وأمطرنا عليهم حجارة من سجيل ﴾ [الحجر : ٧٣ ، ٧٤]

﴿ فأخذتهم الرجفة فأصبحوا فى دارهم جاثمين ﴾

[الأعراف : ٧٨]

صدق الله العظيم

نادية فريد عبد الرحمن

﴿ إذا زلزلت الأرض زلزالها ﴾

اهتزاز الأرض أو ارتجافها من الأمور التى تثير الفزع الشديد فى نفوس الناس إن لم تصبهم بأى أضرار .

والزلزال عبارة عن ذبذبات عنفية تحدث فى سطح الكرة الأرضية والرجفات هى أيضاً نوع من الذبذبات الأرضية وإن كانت أقل شدة وعنفاً .

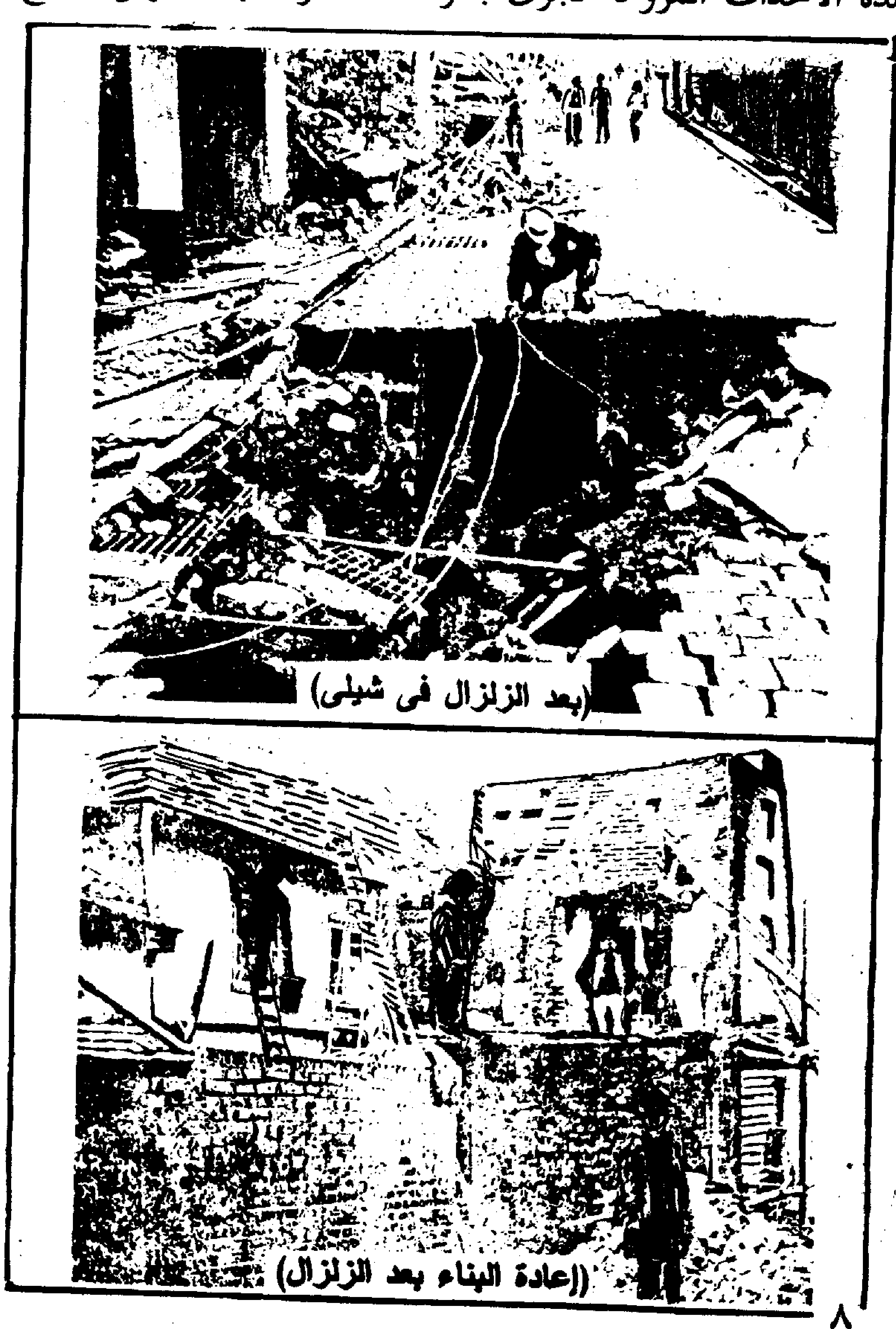
والزلازل من الظواهر الطبيعية المفاجئة ، ومن خواصها أنها لا تنذر الناس قبل وقوعها ، كما أنه من الصعب التنبؤ بها قبل وقوعها ؛ إذ نفاجىء بالزلازل وهى تضرب ضربتها على حين غرة أولاً تمضى دقيقة أو أكثر حتى يكون كل شىء قد انتهى ، ويتلفت الإنسان حوله فلا يجد سوى الدمار وحطام من الخراب .

وتسلك معظم الزلازل مسلكاً متشابهاً إلى حد ما ؛ حيث يبدأ نشاط الزلزال بصدور أصوات مختلطة خفيضة ، ولكن سُرعان ما تبدأ هذه الأصوات فى الزمجرة الشديدة والدوى الهائل بحيث يمكن أن يسمعها الناس بوضوح تام إلا أن من المؤسف أن هذه الزمجرة العالية لا تتضح إلا قبل وقوع الزلزال بنحو نصف دقيقة على الأكثر ، الأمر الذى لا يتيح للإنسان إمكانية مغادرة مسكنه على الإطلاق ، بل إنه غالباً ما تحدث الزلازل ليلاً والناس معظمهم نيام .

وقد يتسع النشاط الزلزالى ليشمل مساحات واسعة تصل إلى عدة آلاف من الكيلومترات المربعة .

ويتم سنوياً تسجيل ما يقرب من ٥٠٠,٠٠٠ هزة أرضية ، ولكن بعض هذه الهزات الأرضية تكون فى شكل رجفة خفيفة يصعب على الإنسان أن يحس بها إلا أن هناك مجموعة من الآلات الحساسة والدقيقة الخاصة

بتسجيل مختلف أنواع الهزات الأرضية ، كما أن هناك الهزات الأرضية التى تكون من الشدة إلى حد أن أوراق الأشجار قد ترتجف فوق أغصانها ، وهذه الهزات القوية قد تؤدى إلى مصرع الآلاف من البشر وذلك بالإضافة إلى التسبب فى انبعاج الطرق وانحناء مسارات السكك الحديدية وتدمير الكابلات الكهربية هذا إلى جانب تشقق وانهيار المبانى ، ومن المؤسف أن هذه الأحداث المروعة تجرى بسرعة فائقة وكأنها كابوس مزعج .

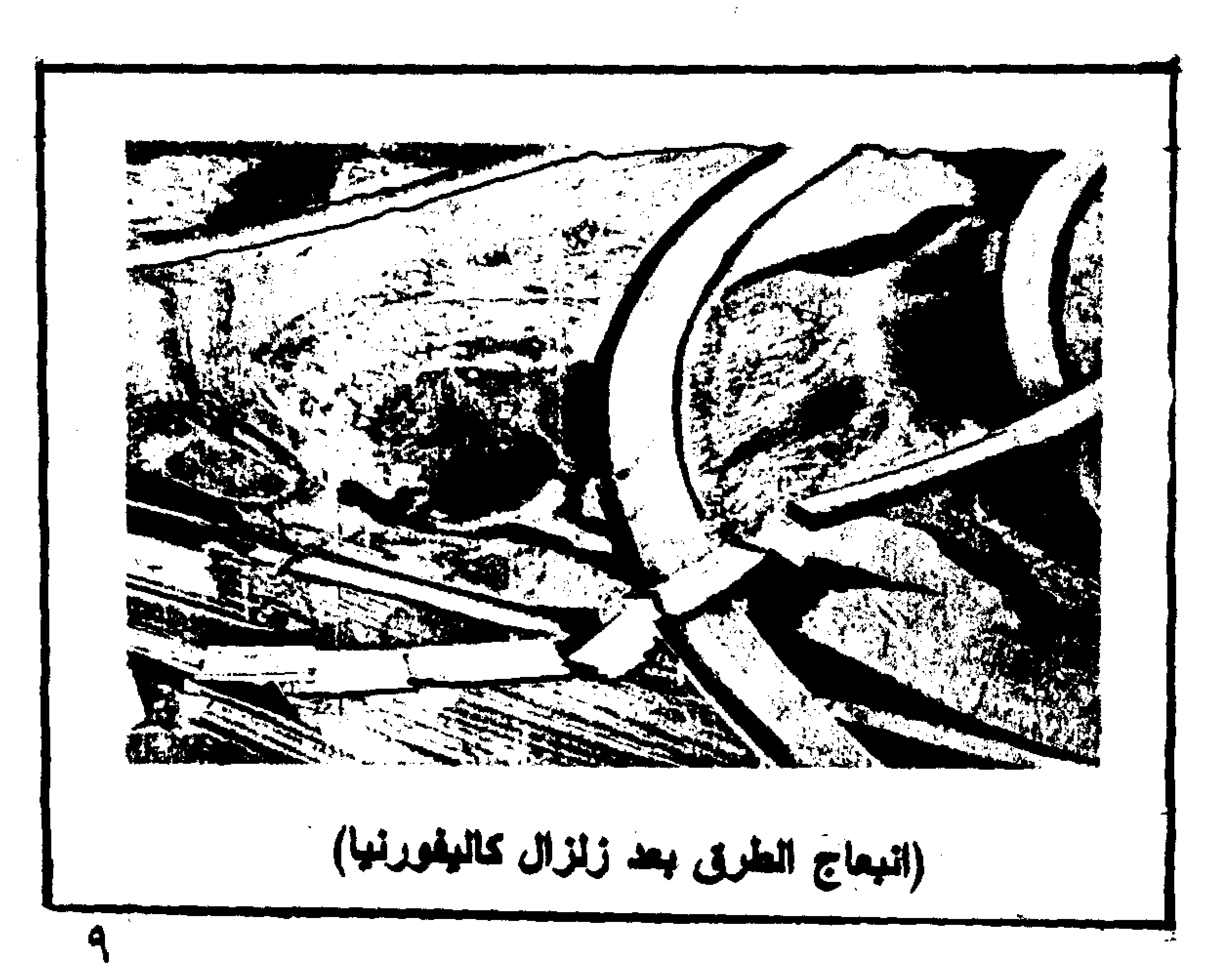


(بعد الزلزال فى شيلى)

(إعادة البناء بعد الزلزال)

وما أن يفيق أولئك الذين أسعدهم الحظ بالنجاة من هذه الضربة المدمرة المفاجئة ، ويبدءون فى إنقاذ ما يمكن إنقاذه من الناس الذين شاء حظهم العثر أن يدفنوا أحياءً تحت الأنقاض حتى يفاجئوا بنشوب الحرائق وتصاعد الدخان والغبار فى كل مكان وعادة ما يكون من الصعب جداً إخماد الحرائق فى مثل هذه الظروف نظراً لامتلاء الشوارع بالأنقاض التى تتكدس فى أكوام مرتفعة تملأ الطرقات وتعوق حركة الإنقاذ هذا بالإضافة إلى صعوبة الحصول على المياه اللازمة للإطفاء هذه الحرائق نتيجة للتواء أو تحطم أنابيب المياه وانفصالها عن مصادر المياه الرئيسية ؛ لذا سرعان ما تلتهم النار كل شيء وتأتى على المنشآت والمساكن ، وهكذا يتعاون كل من الزلزال والحريق فى نشر الدمار الذى يكون كاملاً فى بعض الأحيان ، بل ويمتد تأثير هذا الدمار ليشمل الوضع الاجتماعى والاقتصادى لمنطقة الزلزال هذا بالإضافة للآثار الجانبية مثل المجاعات والأمراض وغيرها من الأضرار الأخرى .

وقد يحدث الزلزال تحت سطح البحر فينشأ نتيجة لذلك نوع من الموجات البحرية الهائلة والتى تتسبب فى حدوث فيضانات خطيرة وأضرار بالغة .



(انبعاج الطرق بعد زلزال كاليفورنيا)



(موجة بحرية زلزالية تلتهم السفن)

ومن الصعب جداً التكهن بحدوث الزلزال ولو أن من الأمور الغريبة حقاً إن بعض الحيوانات والطيور يمكنها أن تشعر وتتنبأ بحدوث الزلزال قبل وقوعه لساعات وربما قبل وقوعه بأيام فى بعض الأحيان حيث يبدو عليها الاضطراب والهياج الغريب .

إلا أن هناك مناطق معينة من العالم ، أجمع العالم على أنها مناطق معرضة للزلازل ، وتتصل معظم هذه المناطق ببعضها البعض فى صورة أحزمة محددة ، ونادراً ما تحدث الزلازل خارج نطاق هذه الأحزمة الزلزالية ، وإذا تصادف وحدثت فإنها عادة ما تكون هزات معتدلة أو ارتجافات بسيطة ولا يكون أثرها أسوأ من الأثر الذى تحدثه حركة اهتزاز عربة نقل ضخمة ، ومثل هذا النوع يحدث فى انجلترا مثلاً وبصفة عامة مستمرة .

وقد تتسبب الهزة الأرضية فى ارتفاع أو انخفاض جزء من سطح الأرض مسافة عدة أمتار ، كما أن هذه الزلازل قد تستمر دقيقة كاملة أو تقتصر على بضع ثوان معدودة ، كذلك تختلف نتائج هذه الزلازل فقد ينتج عنها هدم المبانى الكبيرة أو تؤدى إلى مجرد سقوط بعض الألواح من أسقف المبانى .



(زحف والتواء خطوط السكك الحديدية بعد الزلزال)

الزلازل عند القدماء

منذ القدم وعلى مدى التاريخ كانت الزلازل مصدر رعب وانزعاج للبشر ، وكان الرومان القدماء يعتقدون أن الإله بوسيدون العملاق الضخم هو السبب فى اهتزاز الأرض عندما يغضب ويدوس الأرض بقدمه ، بينما يعتقد بعض الهندوس فى الهند أن العالم يقف على صفيحة فضية وأن هذه الصفيحة محمولة على ظهور الفيلة ، وتعتقد هذه الفئة أن الزلازل تحدث كنتيجة لحركة هؤلاء الفيلة .

أما الكريتيون القدماء فكانوا يقدمون القرابين من العجول حتى تهدأ الأرض وتستقر .. ومع كل ذلك قام زلزال شديد فدمر قصرهم العظيم الضخم فى كنوسوس .

أما القبائل السامية التى كانت تجوب صحارى الشرق الأوسط فكانت تعتقد أن الزلزال هو إشارة واضحة إلى غضب الآلهة ، لذا فقد كانوا يحاولون تهذيب أنفسهم من محاولة لكسب رضا الآلهة .

وهناك أسطورة رومانية تقول : إن الكرة الأرضية تقف مستندة على ثلاثة أعمدة : هى الإيمان والأمل والطهارة فإن حدث أن انهار أحد هذه الرموز الإنسانية نتيجة لما يقترفه بنو البشر من خطايا وذنوب فإن الأرض تهتز بهم .

وقد نادت تعاليم بعض الأديان منذ قديم الأزل بأن حدوث الزلازل فى

منطقة من المناطق إنما هو إشارة إلى وجوب تطهر أهل هذه المنطقة مما علق بهم من دنس وشر .

وقد حاول بعض الفلاسفة الإغريق القدماء أن يفسروا ظاهرة الزلازل تفسيراً علمياً حيث ذكر الفيلسوف الإغريقى طاليس [٦٤٠ ــ ٥٤٦ ق . م] إن الأرض تطفو فوق الماء الأمر الذى يفسر كثرة اندفاع ينابيع الماء أثناء وعقب حدوث الزلزال .

أما الفيلسوف الإغريقى أناكسا جوراس [٥٠٠ ــ ٤٢٨ ق . م] ؛ فقد افترض أن الزلازل تحدث نتيجة لتشقق المقاطع الأرضية وانهيارها كما استنتج أن الزلازل تحدث بسبب تأجج النيران فى باطن الأرض مما يؤدى إلى اهتزاز وتذبذب القشرة الأرضية الهشة وانهيارها كما ذكر أن سلسلة الأحداث التى تلى معظم الزلازل ترجع إلى انهيار كتل جبلية ضخمة من قلب الجبال إلى داخل الأرض فتغوص فى أعماقها وتستقر هناك .

أما ديموقريطس الذى عاصر نفس الفترة الزمنية ، فقد تخيل أن وقوع الزلازل له صلة بما يتساقط من مياه الأمطار أو بعملية تسرب المياه من البحيرات والبحار ولعله بذلك قد اقترب من الحقيقة إلى حد ما ؛ إذ يحدث أن تقع الزلازل بمثل هذه الطريقة فى بعض الأحيان .

أما الفيلسوف الكبير أرسطو الذى عاش فى القرن الرابع قبل الميلاد فقد تصور نظرية تعتبر من أشهر نظريات الزلازل التى ظلت سائدة لفترة طويلة حيث عكف على دراسة الحقيقة التى تقول : إن معظم الزلازل يسبقها سكون وجو خانق فى الهواء الجوى وعلل ذلك بأنه يُحدث ــ وفى ظروف معينة ــ اندفاع لكل كميات الهواء الموجودة فى أحد المناطق إلى باطن الأرض وهناك تختلط هذه الكميات بكميات الهواء والغاز المحبوسة بالداخل فيؤدى ذلك إلى اندفاعها عبر الكهوف الداخلية للأرض باحثة عن منفذها ، وتبدأ هذه الرياح العاتية فى الاندفاع والتزاحم مع الصخور القابعة فى باطن الأرض مما يؤدى إلى حدوث الزلزال .

أما الشاعر الرومانى أوفيد [٤٣ ق . م – ١٧ بعد الميلاد] فكان يعتقد أن سبب الزلزال يرجع إلى اقتراب الشمس من الأرض إلى حد كبير ، مما يؤدى إلى اهتزاز الأرض فى محاولة لدرء حرارة الشمس الحارقة .

هذا وقد اقترنت ظاهرة الزلازل بشتى أنواع الخرافات والظواهر الطبيعية الخارقة فكان البعض يعتقد أن الزلازل تقذف بالأبخرة السامة المسببة لأمراض بغيضة وكانوا يتناولون بعض أنواع الأدوية على سبيل الوقاية من شرورها ، كما كانوا يقتلون الآثمون منهم كوسيلة للتكفير اعتقاداً منهم أن هؤلاء الأشرار هم السبب فى وقوع الزلازل .

وكم رويت القصص والأساطير التى تصف انشقاق الأرضى الهائل وابتلاعها لما كان يوجد فوق سطحها من حضارات كاملة ضخمة .

وتعتبر الصين من أكثر الدول التى عانت من ظاهرة الزلازل لذا فإن أقدم سجل للزلازل ، ربما يكون ذلك الزلزال الذى وقع عام ١٨٣١ ق . م . وورد ذكره ضمن تقارير سياسية دوّنها الصينيون القدماء ، ثم بدأ الصينيون فى تدوين تقارير منظمة عن الزلازل بعد الزلزال الذى حدث فى عام ١١٧٧ ق . م ، حيث يوجد سجل دقيقة للنشاط الزلزالى الذى حدث فى منطقة وديان نهرى فين ووى فى شمال الصين منذ عام ٤٦٦ ق . م . وكان أول زلزال ضخم تم تسجيله فى عام ٧ بعد الميلاد وقد دمر هذا الزلزال مدينة هسين الصينية بالكامل .

أما زلزال شين سو الذى وقع فى عام ١٥٥٦ بعد الميلاد فيعتبر من أضخم الكوارث التى وقعت وتسبب فى أعلى رقم للضحايا على مدى التاريخ حيث أدى إلى مصرع ما يقرب من ٨٣٠,٠٠٠ شخص إلى جانب تدمير منطقة تمتد إلى حوالى ٨٠٠ كيلومتر .

كذلك اشتهرت منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط بمجموعه من الزلازل القديمة المدمرة حيث ذكرت المخطوطات التى وجدت فى العراق وسوريا وبعض المدن الأخرى الواقعة فى سواحل البحر الأبيض المتوسط أن بعض الحكام

عجزوا عن دفع الضرائب المقررة عليهم بسبب الزلازل التى دمرت مدنهم .

كذلك وقع زلزال مدمر فى مدينة سانتورين بجزيرة كريت خلال عام ١٤٨٠ ق . م . وقد بدأت الحضارة التى كانت تزدهر فى هذه المنطقة فى التدهور عقب سلسلة من الزلازل المتتالية خلال قرنين من الزمان مما أدى إلى انهيار الحضارة فى كريت تماماً .

كذلك يعتبر الزلزال الذى وقع فى ٢١ من مايو عام ٣٦٥ بعد الميلاد من أكثر الزلازل القديمة تدميراً حيث انتشر الدمار خلال مساحة بلغت حوالى مليون ونصف كيلومتر مربع تقريباً فى شرق حوض البحر الأبيض المتوسط طوقت كل من إيطاليا واليونان وفلسطين وشمال أفريقيا وقد أتى الزلزال على كل المدن الساحلية فى هذه الدول التى هاجمتها موجات بحرية زلزالية ، أما ميناء الأسكندرية المصرى فقد دمرته الموجات البحرية الزلزالية وتسببت فى غرق ٥٠٠٠ شخص كذلك مدينة كوريوم القديمة فى جنوب قبرص فقد دكها الزلزال تماماً .

أما الحضارة الرومانية القديمة فقد ظل جزء منها مدفوناً تحت الأنقاض ولعدة قرون متتالية إلى أن اكتشفها بعض علماء الآثار الذين كانوا يقومون بالتنقيب فى هذه المنطقة ، وقد عثر هؤلاء العلماء على آثار فنية جيدة الحفظ إلى جانب عظام آدمية وحيوانية وقد أوضحت الدراسات فى هذه المنطقة أن هذا الزلزال كان بالغ الشدة وتسبب فى نشر دمار كامل وحصار الناس والحيوانات بين خوائط المبانى التى تحطمت فجأة .

أما مدينة انتيوك القديمة والتى تعرف الآن باسم أنطاكية فى تركيا فقد عانت كثيراً من الزلازل ومنذ إنشائها ، فقد تعرضت هذه المدينة للدمار الكامل على أثر زلزلال وقع فى عام ١١٥ بعد الميلاد ، ونظراً لموقعها الحربى الاستراتيجى فى جنوب تركيا على الساحل بالقرب من سوريا ؛ لذا فقد أعيد إنشاء المدينة فى نفس المكان ولكن سوء الحظ لازم هذه المدينة وتعرضت للدمار تماماً مرة أخرى على أثر زلزال آخر وقع فى عام ٤٥٨ بعد الميلاد ، ومن الغريب أن

المدينة تم بناؤها وفى نفس الموقع أيضاً بالرغم من وضوح خطورة موقعها ، كما هاجمها زلزال ثالث آخر قضى على جزء كبير من المدينة إلى جانب مصرع ٣٠,٠٠٠ شخص ، ومن الغريب حقاً أن المدينة أقيمت مرة أخرى وفى نفس الموقع تماماً بل وأصبحت مركزاً دينياً شهيراً ولكنه لسوء الحظ لم يفارقها إذ تعرضت للدمار فى عام ٥٤٠ بعد الميلاد ولكن كان الدمار فى هذه المرة على يد الفارسيين .

كيف يحدث الزلزال ؟

لعلك الآن ياعزيزى القارىء تتساءل فى قلق عن الأسباب التى تؤدى إلى حدوث مثل هذه الاهتزازات الأرضية .

ولكن قبل أن نوضح فى بساطة وإيجاز بقدر الإمكان هذه الأسباب التى تكمن وراء حدوث الزلازل ، علينا أولاً أن نستعرض معاً بعض تكوينات سطح الكرة الأرضية ؛ لأن هذه الهزات ما هى إلا حركة مفاجئة تحدث للصخور أو بالقرب منها وذلك نتيجة لبعض العوامل المعينة .

والأرض كما أوضح لنا العلماء المتخصصون تتكون من مجموعة من الطبقات الصخرية ، وإن الطبقة السطحية أو سطح الأرض وهى الجزء الذى نعيش عليه مكونة من طبقة من الصخور الصلبة القوية وأيضاً أجزاء من تربة هشة وتسمى هذه الطبقة السطحية باسم طبقة القشرة الأرضية وهذه الطبقة تمتد أيضاً من قاع المحيطات والبحار .

وتحت طبقة القشرة الأرضية توجد طبقة صخرية أخرى تسمى بطبقة الغلاف الأرضى ، وهذه الطبقة تتميز بأن صخورها ثقيلة وأكثر حرارة من طبقة القشرة الأرضية التى تعلوها .

كذلك وجد العلماء أن تحت طبقة الغلاف الأرضى توجد أيضاً طبقتان من الصخور تكوّنان ما يسمى بجوف الأرض وهى طبقة تتميز بأن صخورها ذات كثافة شديدة ودرجة حرارة بالغة الارتفاع .

وبالرغم من أن معظم الصخور المكونة لطبقة القشرة الأرضية تعتبر صلبة وقوية إلا أنها أيضاً تميل إلى الانثناء إذا تعرضت لضغطها بل أنها قد تتحطم إذا زاد الضغط الذى تتعرض له هذه الصخور عن حدودها أو قابليتها للانثناء .

ويمكنك ملاحظة مواقع انثناء الصخور بسهولة لو أتيحت لك فرصة مشاهدة أحد جوانب جرف صخرى أو زيارة أحد المحاجر وهذه الأشكال من الانثناءات الصخرية تسمى صدوع ، والصدوع هى المواقع التى تعرضت لتحركات فى القشرة الأرضية وأدت إلى انثناء طبقات الصخور بها . أو انبعاج فى شكلها ثم تزايد الضغط على هذه الصخور فتصدعت فى محاولة للتغيير من وضعها حتى تتمكن من أن تتلائم مع الضغط الواقع عليها .



(خط فالق أويتر ـ نيوزيلندا)

(انثناءات صخرية ـ منطقة سيترهول فى دورسيت)

وتختلف الصدوع الأرضية من حيث الحركة ، فهناك الصدع الذى ينخفض أحد جانبيه عن الجانب الآخر وهذا النوع يعتبر من أكثر أنواع الصدوع انتشاراً ويسمى بالصدع العمودى .

كذلك يحدث العكس ويرتفع أحد جانبى الصدع عن الجانب الآخر كنتيجة للتضاغط الواقع عليه ، ويكون هذا الارتفاع إما رأسياً أو بشىء من الميل وهذا النوع من الصدوع الأرضية يعرف بالصدوع العكسية ، وقد تبلغ هذه الإزاحة لأعلى حد كبير كما حدث فى زلزال آلاسكا عام ١٩٦٤ حيث بلغت الإزاحة الرأسية للصدع ما يقرب من ١٥ متراً وشكلت فى أحد مواقع الصدع منحدراً شديداً .

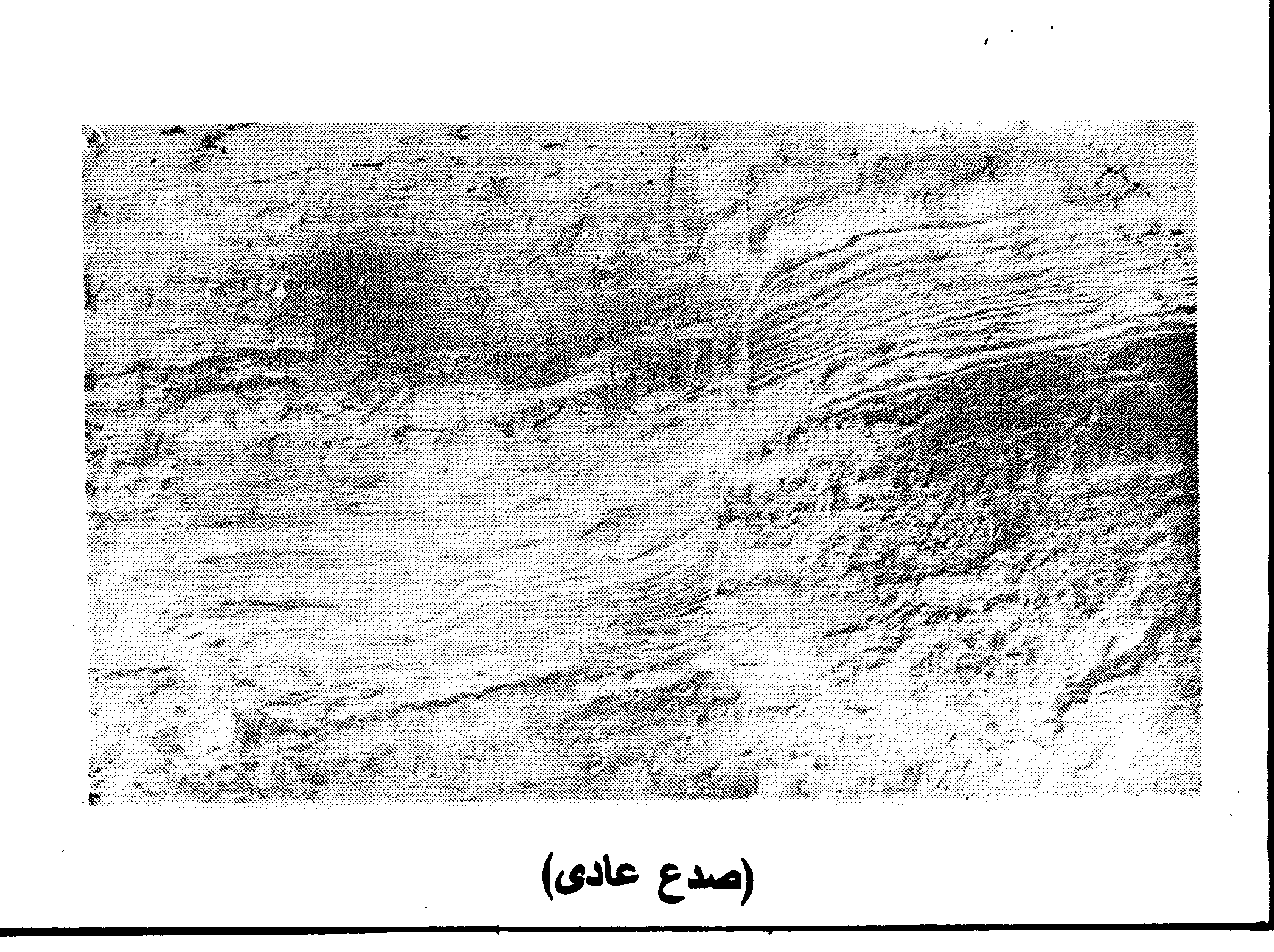
أما إذا كان سطح الصدع العكسى مستوياً تقريباً وكانت الحركة تبدو وكأنها أفقية عبر امتداد الصدع ، فإن الصدع فى هذه الحالة يسمى بالصدع الضاغط أو الدافع .

كذلك إذا تعرض الصدع الخليط من التحركات الأفقية والرأسية معاً يكون الصدع مركباً ، ويطلق عليه اسم الصدع المائل .

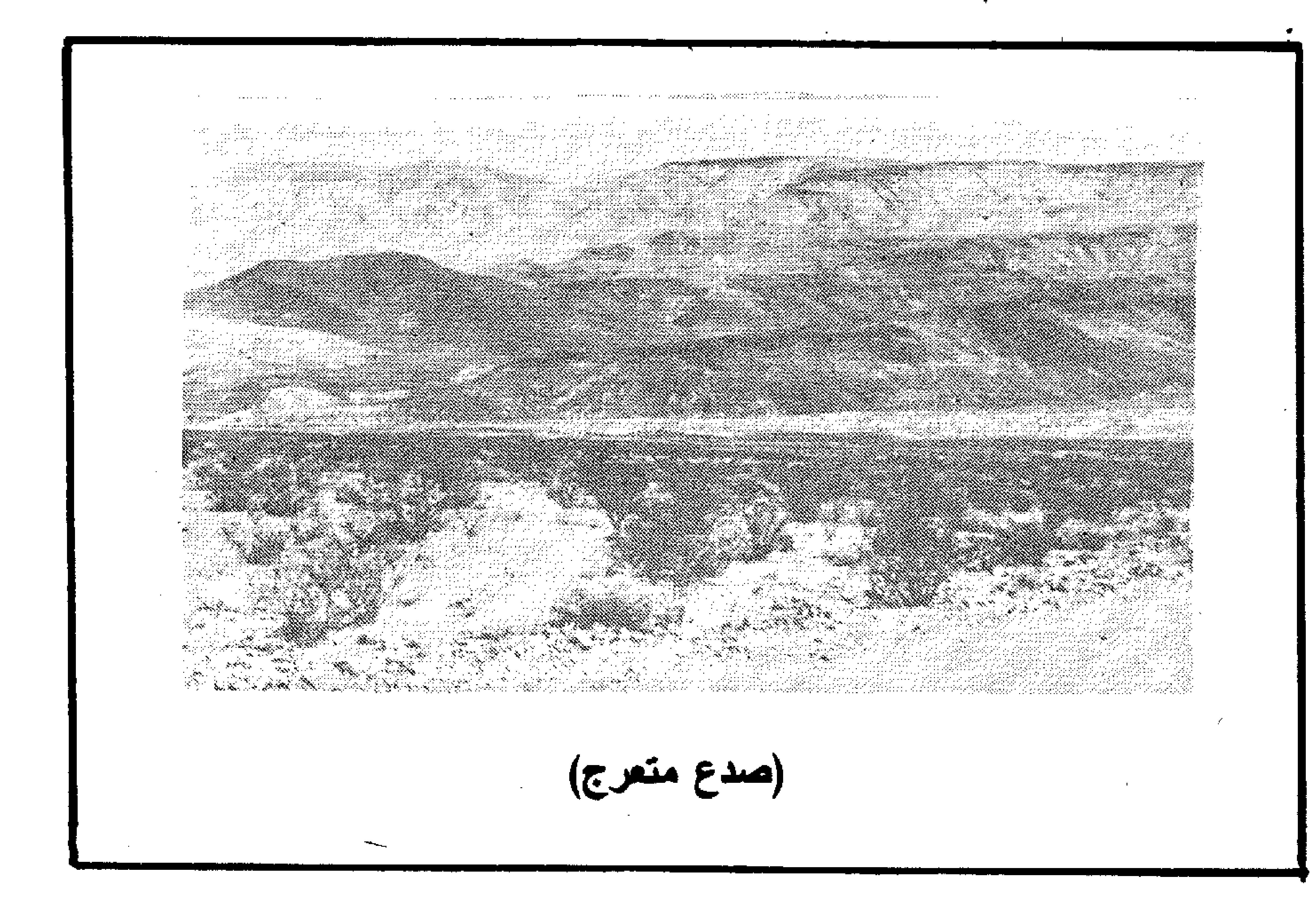
هذا ويتم تحديد نوع الصدع من خلال مقارنة ارتباط الصخور ببعضها البعض فى أحد جوانب الصدع بالنسبة لصخور الجانب الآخر .

وقد تحدث هذه الصدوع أيضاً عند أعماق سحيقة من القشرة الأرضية ودون أن تظهر آثارها على السطح .

هذا ويلاحظ عقب هذه الحركات الأرضية حدوث تغيرات بالغة فى شكل القشرة الأرضية ، فالجبال مثلاً قد تميل أو تتحرك لأعلى وتزداد ارتفاعاً ، كذلك الجروف قد تتصدع وتهوى والمنحدرات قد تنزلق مما يؤدى إلى دفن قرى بأكملها ، وأيضاً الشقوق الأرضية قد تنفتح ويزداد بعضها اتساعاً ؛ كما قد تنبثق العيون المائية .

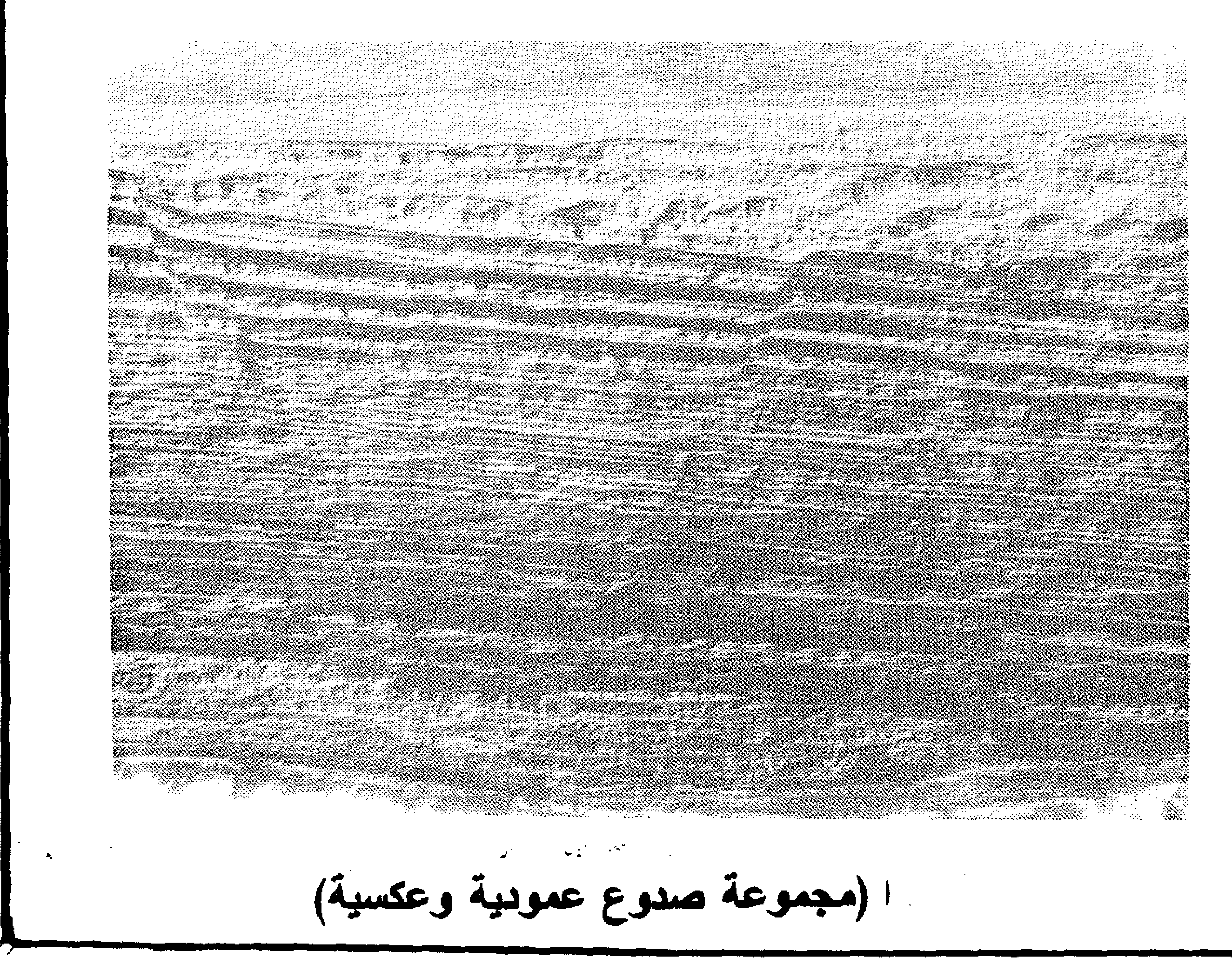


(صدع عادى)



(صدع متعرج)

(مجموعة صدوع ضاغطة فى إقليم أتاكما بشيلى)



(مجموعة صدوع عمودية وعكسية)

ومع مرور الوقت قد تتعرض كتلة من الأرض توحد بين صدعين من هذه الصدوع إلى ضغط هائل يؤدى إلى دفعها وتكوين جبال تسمى فى هذه جبال انكسارية مثل جبال فوساج فى فرنسا وأيضاً منطقة الغابة السوداء فى ألمانيا ، وقد يحدث العكس فى بعض الأحيان وتنزلق لأسفل كتلة من الأرض توجد بين صدعين فيؤدى ذلك إلى تكوين وادى أخدودى كما حدث بالنسبة للوادى الأخدودى الضخم والذى يمتد لما يقرب من ٦٥٠٠ كيلومتر عبر القارة الأفريقية .

كذلك يحدث فى بعض الأحيان أن تؤدى التحركات الهائلة للقشرة الأرضية إلى حدوث طيات لطبقات الصخور المكونة لها وهذه الطيات ينتج عنها ظهور تجاعيد صخرية هائلة فى شكل جبال تسمى الجبال المطوية ، ومعظم سلاسل الجبال الضخمة الموجودة فى العالم من هذا النوع مثل سلسلة جبال الهيمالايا وجبال الألب وجبال الأنديز .

وقد توصلت أبحاث العلماء المستمرة إلى أن سمك القشرة الأرضية يختلف من مكان لآخر وأن طبقة القشرة الأرضية قد تشققت وتكسرت إلى حوالى ١٥ قطعة أو شريحة ، وأن بعض هذه الشرائح تحمل القارات بينما البعض الآخر يشمل المحيطات .

وقد وجد أن هذه الشرائح الأرضية تتحرك فى حركة بطيئة ومستمرة بسبب حركة الصخور الساخنة الموجودة فى طبقة الغلاف الأرضى تحت القشرة ، وقد أدت هذه الحركة البطيئة إلى حدوث تغييرات بالغة فى شكل القشرة الأرضية عبر ملايين السنين ، حيث يعتقد أن القشرة الأرضية كانت فى شكل قارة واحدة ضخمة منذ أقدم العصور وقد أطلق العلماء على هذه القارة القديمة الضخمة اسم قارة « بانجايا » . وكنتيجة للحركة المستمرة البطيئة تحطمت هذه القارة الضخمة وتجزأت إلى هذه القارات السبع المنفصلة والتى نعرفها ونعيش على سطحها الآن .

ومن الغريب أن هذه الشرائح الأرضية لم تتوقف عن الحركة ولكنها لازالت تتحرك حركة بطيئة جداً .. وهذه الحركة البطيئة للشرائح والقارات هى السبب المباشر وراء حدوث الزلازل والبراكين على سطح الكرة الأرضية .

ولازالت هذه الحركة البطيئة تلعب دوراً هاماً حيث أدت إلى ابتعاد أمريكا الشمالية عن أوروبا تدريجياً فقد ثبت زيادة اتساع المحيط الأطلنطى بما يساوى ٣ سم تقريباً ، وهذا التباعد بين أمريكا الشمالية وأوروبا يرجع إلى وجود فجوة فى تاج المحيط الأطلنطى بين شريحتى هاتين القارتين حيث تتسلل الصخور السائلة ذات الحرارة المرتفعة من الغلاف الأرضى تملأ هذه الفجوة فى قاع المحيط وعندما تتجمد هذه الصخور السائلة فإنها تكون شريطاً جديداً من القشرة الأرضية فى قاع المحيط .

كذلك قد يحدث العكس وتسقط قطعة من القشرة الأرضية إلى منطقة الغلاف الأرضى مثلما حدث فى الجزء الشرقى من المحيط الهادى حيث انجذب شريط ضيق من القشرة الأرضية وسقط داخل طبقة الغلاف الأرضى ، وهذا الفقدان فى القشرة الأرضية تعوضه بعض التكوينات الجديدة فى مناطق أخرى من المحيط الهادى والأطلنطى .

كذلك قد يؤدى اصطدام شريحتين من الشرائح الأرضية إلى دفع الطيات وتكوين الجبال المطوية ، كما حدث بالنسبة لجبال الهيمالايا والتى تعتبر من أعلى جبال العالم حيث تكونت نتيجةً لتصادم شريحة الهند وآسيا منذ ملايين السنين ، وقد أثبت العلماء ذلك من خلال تلك الحفريات البحرية التى وجدت بين الصخور المكونة لقمم جبال الهيمالايا .

مما يوضح أن هذه الصخور كانت فى يوم من الأيام موجودة تحت سطح البحر .

وقد يحدث أن تهتز شريحتان أرضيتان مما يؤدى إلى انزلاق إحداهما وتحركها مبتعدة عن الشريحة الأخرى وعادة ما يحدث هذا التباعد عبر مسار أحد الصدوع ، ويصاحب هذا الانزلاق حركة اهتزاز أو ارتجاج وتسمى هذه


(موقع القارات فى المستقبل)

الحركات الاهتزازية التى تحدث فى القشرة الأرضية بالهزة أو الرجفة الأرضية ، لذا فإن الزلازل تحدث بصفة عامة عند مواقع التقاء الشرائح الأرضية .

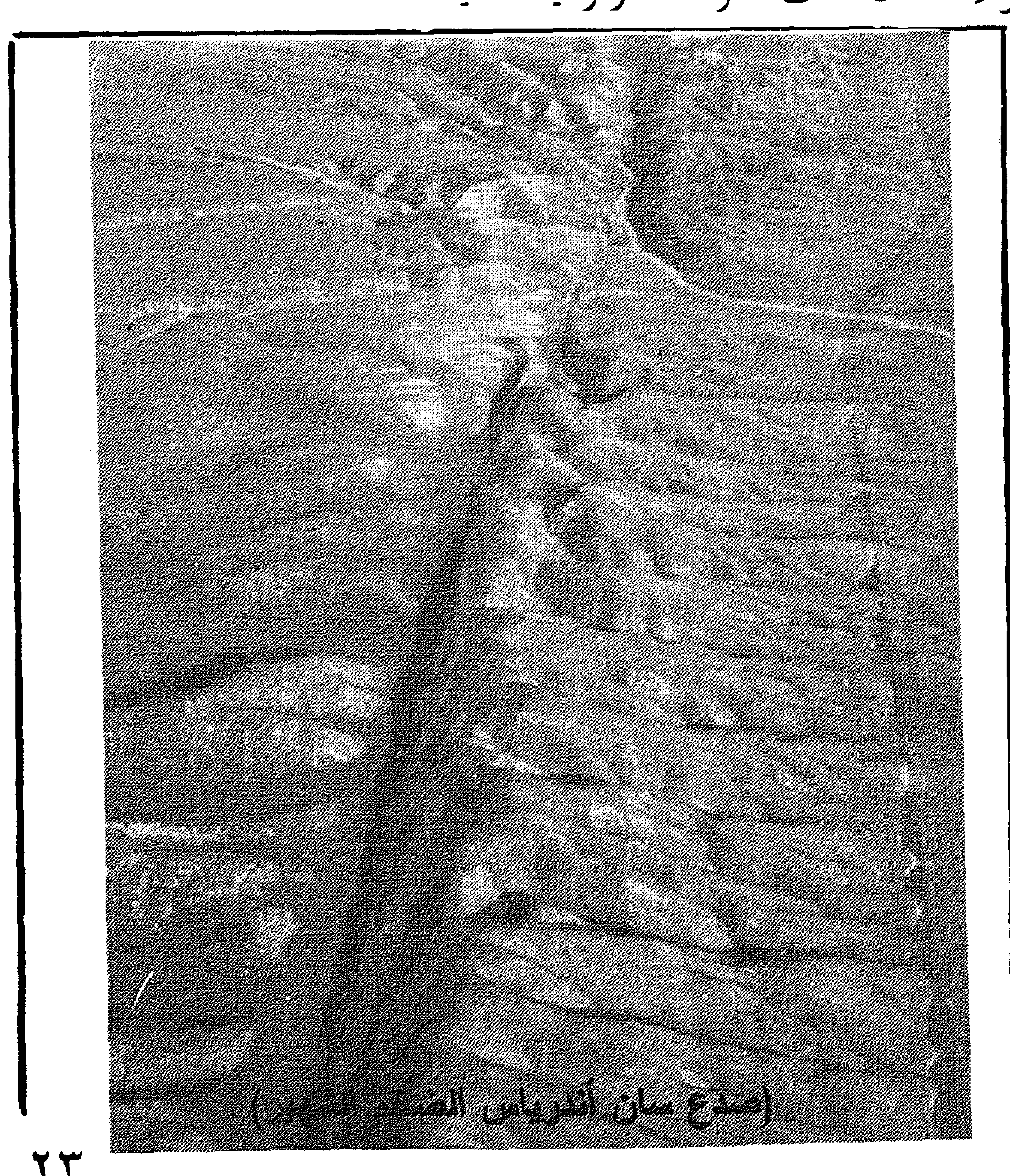
وقد تبين أن معظم الصدوع التى توجد بين الشرائح الأرضية تكون فى المحيطات والبحار أو من أشهر الصدوع فى العالم صدع عظيم وشهير يدعى صدع سان أندرياس ، ويعتبر هذا الصدع من أكثر الصدوع نشاطاً فى الكرة الأرضية ، وقد تناوله العلماء بالدراسة المستفيضة .

وهو شق ضخم يمتد من حدود المكسيك جنوباً وحتى الشمال عبر جنوب كاليفورنيا وبطول يبلغ حوالى ٩٢٥ كيلومتراً تقريباً وعرض ٣٢ متراً ، وهذا الصدع يمثل الحد الفاصل بين شريحة قارة أمريكا الشمالية وشريحة شمال المحيط

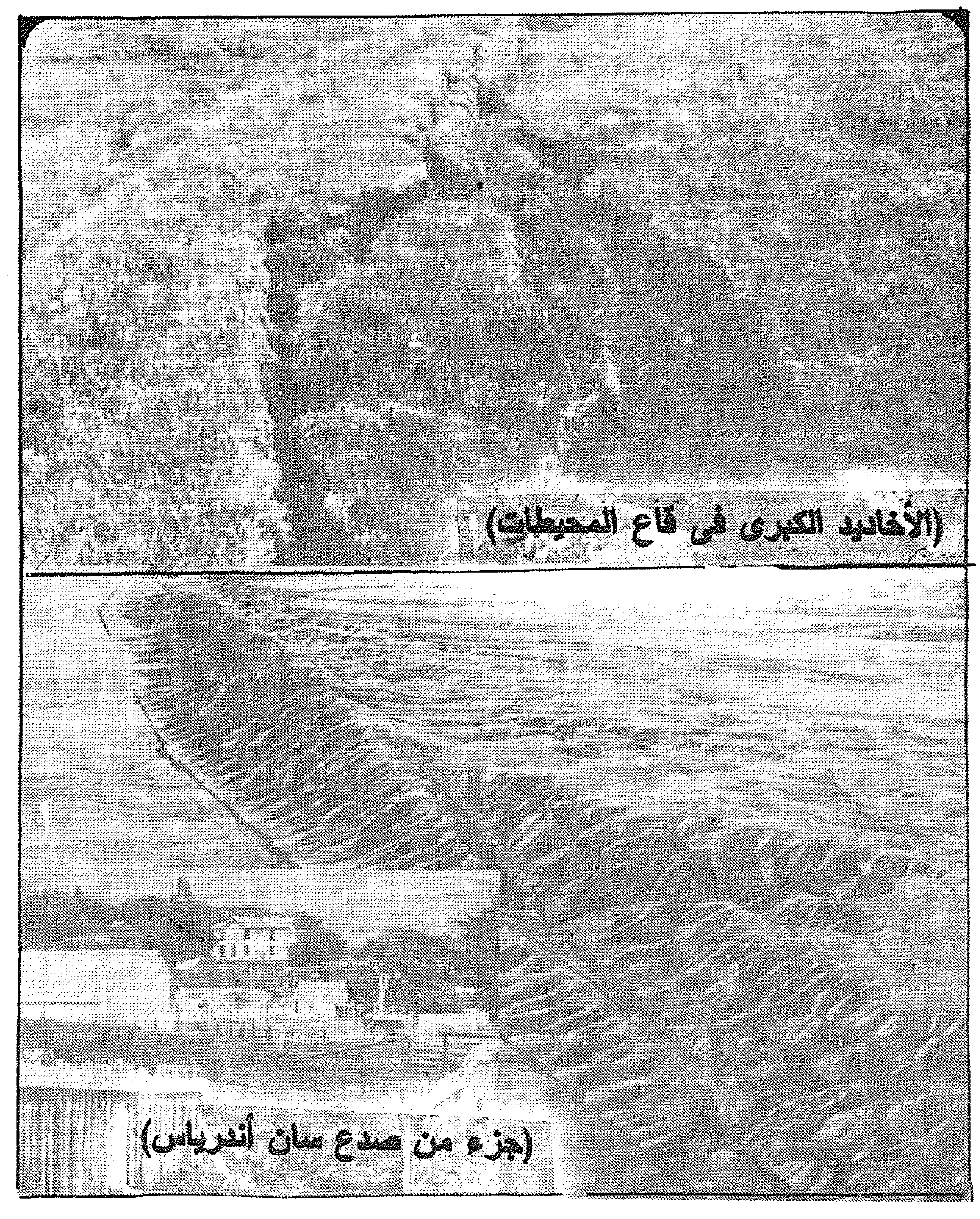
الهادى ، كما يفصل هذا الصدع جنوب غرب كاليفورنيا عن باقى أجزاء قارة أمريكا الشمالية وهذا الجزء من القارة يتحرك بما يحمل من شريحة أرضية فى اتجاه الشمال الغربى بمعدل يتراوح ما بين ٣,٥ ــ ٧ سم سنوياً .

وهذه الحركة النسبية للشريحتين معاً تسمى بالحركة الجانبية اليمينية ، إذ أن الواقف على جانب إحدى الشريحتين يبدو له أن الشريحة الأخرى تتحرك إلى يمينه .

وتوضح الدراسات التى تتم على هذا الصدع أن هناك نقطتين إحداهما عند منطقة الطرف الجنوبى للصدع والأخرى فى الطرف الشمالى للصدع وتسمى منطقة الالتواء الكبير حيث تتعرض الشريحة الأرضية عند هاتين النقطتين لعمليات إعاقة شديدة وأثناء محاولة هذه الشرائح أن تحرر نفسها من هذا الالتواء تحدث تلك الهزات الزلزالية العنيفة .



(صدع سان أندرياس الضخم الشهير)


(الأخاديد الكبرى فى قاع المحيطات)
(جزء من صدع سان أندرياس)

وقد توصل الباحثون فى هذا المجال إلى أن هذا الجزء الموجود غرب صدع سان أندرياس كان يقع فى جنوب الحدود المكسيكية منذ حوالى ٣٠ مليون سنة ، ولو استمرت هذه الحركة لمدة ٣٠ مليون سنة أخرى فإننا سنجد جنوب غرب كاليفورنيا وقد وصل عند جنوب الحدود الكندية الحالية بالضبط .

وهناك صدوع أخرى جانبية عديدة ومتوازية مع صدع (سان أندرياس) مثل صدع مايوارد الذى يمتد عبر ضاحية سان فرانسيسكو وصدع نيوبورت انجلوود الذى تسبب فى وقوع زلزال مدينة لونج بيتش فى مارس عام ١٩٣٣ بالولايات المتحدة الأمريكية .

كما توجد أيضاً بعض الصدوع الأخرى المستعرض لصدع سان أندرياس مثل ذلك الصدع الضيق الذى تسبب فى زلزال منطقة سان فرناندو عام ١٩٧١ والذى بلغت شدته ٦,٦ درجة إلى شمال غرب مدينة لوس إنجيلوس بالولايات المتحدة الأمريكية ، كذلك هناك صدع يميل إلى الشرق ويسمى صدع جارلوك وكان هذا الصدع وراء وقوع زلزال فى ٢١ من يوليو عام ١٩٥٢ فى مقاطعة كيرن وقد بلغت شدة هذا الزلزال ٧,٧ درجة ، وحركة هذا الصدع تعتبر حركة جاذبية يسارية ، وتتعاون هذه الحركة مع حركة صدع سان أندرياس اليمينية فى تحريك منطقة صحراء موجاف فى اتجاه الشرق بالنسبة لولاية كاليفورنيا .

وتعتبر هذه الحركات المركبة لصدوع القشرة الأرضية هى المسئولة عن أغلب السمات الجيولوجية لمنطقة كاليفورنيا كما أن هذه الصدوع هى المسئولة عن تكرار وقوع الزلازل بهذه المنطقة حيث تعتبر ولاية كاليفورنيا منطقة زلزالية .

كما توجد بعض الصدوع الأخرى التى تنتشر فى أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية ؛ إذ أن هناك ما يقرب من ٣٩ ولاية أمريكية تندرج تحت مناطق ذات خطورة زلزالية متوسطة أو كبرى ، فنجد مثلاً أن المنطقة التى تشمل جنوب الأوريجون وجنوب أريزونا ونيومكسيكو تتكون من عدة سلاسل جبلية تحيط بها الصدوع العمودية ذات الزوايا الكبيرة حيث تفتت بها القشرة الأرضية وارتفعت لأعلى من مستوى ٩٠٠ متر إلى ١٥٠٠ متر عن مستوى منطقة الحوض مكونة بذلك سلسلة جبلية تمتد لحوالى ٨٠ كيلومتر .

أما سلسلة جبال تيتون الموجودة غرب منطقة يومنح فتعتبر واحدة من أكثر السلاسل الجبلية إثارة حيث ارتفع الجانب الشرقى فى تصدع وانخفض الجانب الغربى . كذلك جبال روكى الممتدة من المكسيك إلى كندا والتى تكونت بنفس الأسلوب .

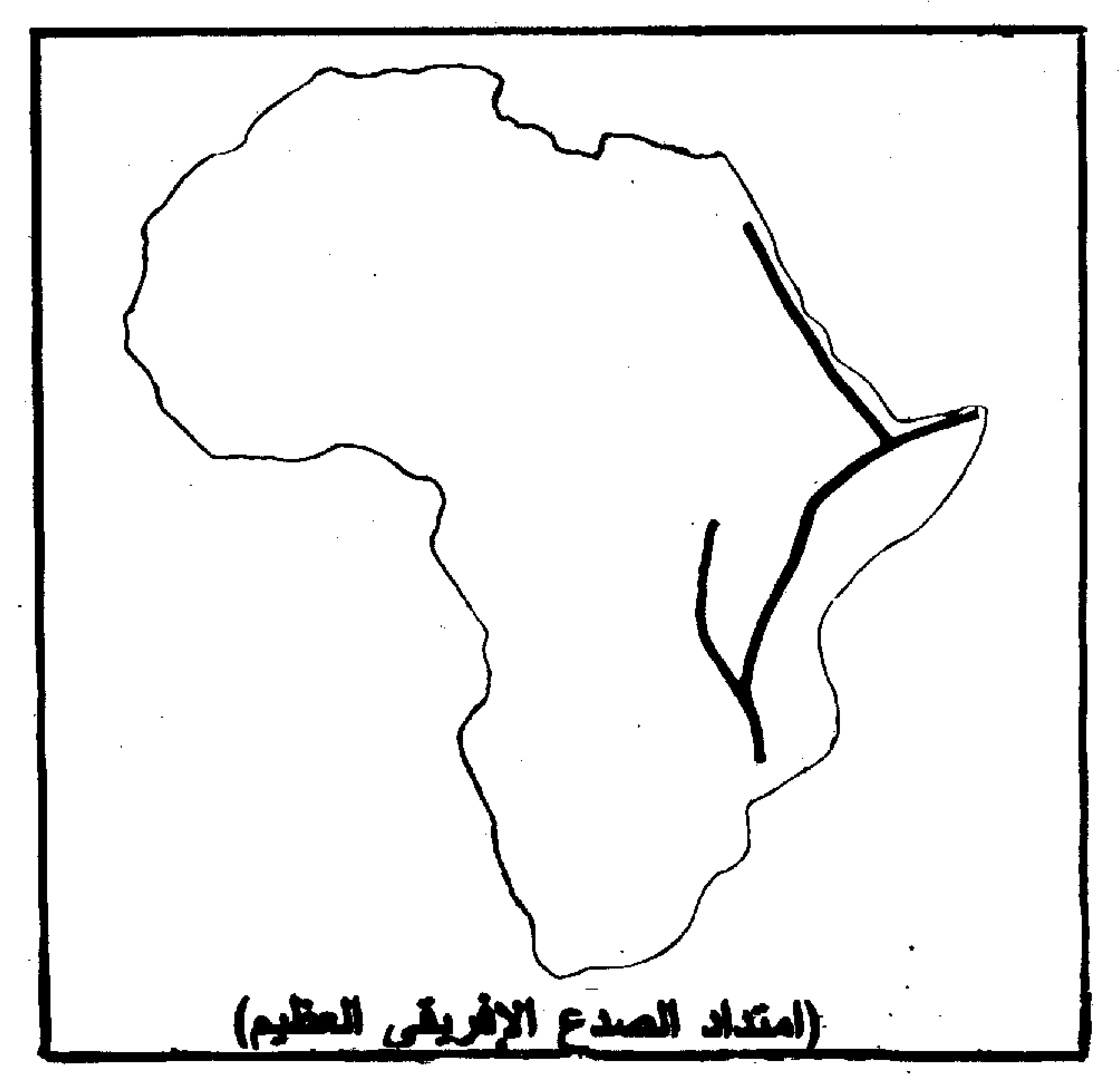
كذلك تعرضت مناطق أعلى نهر المسيسيبى وسهول نهر أوهيو للعديد من الهزات الأرضية .

كما يعتبر الجزء الشمالى الشرق من صدع « نيومدريد » وما يحيط به من صدوع أخرى السبب فى وقوع زلزالين شديدين وعدة هزات أرضية فى هذه المنطقة .

أما جبال الأبلاكيان والتى تكونت نتيجة عدة انهيارات وتصدعات وتشوهات أثناء عملية الترسيب فهى تعتبر مركزا للكثير من الزلازل التى وقعت قديماً وحديثاً .

كذلك وقعت زلازل عديدة شديدة على امتداد الساحل الشرقى للولايات المتحدة الأمريكية فى مدن بوسطن ونيويورك وشارلستون وبعض المناطق الأخرى .

هذا ويتوقع علماء الزلازل أن يحدث زلزال ضخم عند صدع سان أندرياس إذا حدث وتحرك هذا الصدع حركة اهتزازية كبرى لذلك هناك أبحاث ودراسات يقوم بها العلماء لخفض شدة الهزة الأرضية المتوقعة منها محاولة ضخ كميات كبيرة من المياه داخل المناجم القديمة الموجودة بالمنطقة حتى تؤدى هذه المياه إلى سهولة ويسر انزلاق الصخور فوق بعضها .



(امتداد الصدع الإفريقى العظيم)

كذلك يوجد الصدع الأفريقى الضخم والذى يطلق عليه وادى الأخدود الكبير وهو يبدأ من سوريا فى الشمال ، ويشمل البحر الميت ووادى الأودن ثم يتخلل أفريقيا ماراً بالبحر الأحمر ثم يمتد جنوباً إلى مصب نهر زامبيزى ويتضمن بحيرة رودلف وبحيرة نياسا وهناك فرع غرب بحيرة فيكتوريا يشمل بحيرة تنجانيقا وعدداً من البحيرات الصغيرة .

هذا وقد توصل علماء الجيولوجيا إلى أن الزلازل الحادة كثيرا ما تحدث نتيجة لتصادم شريحتين أرضيتين مع بعضهما البعض حيث تكون إحدى الشريحتين ثابتة إلى حد كبير بينما الشريحة الأخرى تحاول أن تتحرك كما فى حالة شريحة المحيط الهادى التى تحاول أن تتحرك نحو الشمال بمسافة قد تصل إلى حوالى ٥ سم سنوياً .

ومن أغرب ما سجل فى هذا المجال تلك الحركة الأرضية التى وصلت إلى مسافة ٥ أمتار خلال دقيقة واحدة فقط أثناء زلزال سان فرانسيسكو المدمر عام ١٩٠٦ .

كما لوحظ أيضاً أن الاهتزاز الناتج من الزلزال يكون أكثر عنفاً بالقرب من الصدع المسبب له .

وقد تمكن العلماء المختصون من فهم التقنية الميكانيكية للقوى التكتونية وهى تلك القوى التى تؤثر على شكل سطح الأرض وعلى حركة الشرائح كما تؤثر أيضاً على عمليات تكوين اليابسة والماء والجبال ... إلخ .

وقد أوضحت الدراسات التى أجريت على مظاهر زلزال سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦ ونتائجه الكثير من المعلومات فيما يختص بمدى تأثير القوى التكتونية ، حيث لاحظ الجيولوجى مارى ريد أن الأسوار والطرق العريضة التى أقيمت على امتداد الصدع الأرضى فى سان أندرياس قد أزيحت من مواقعها الأصلية بما يساوى حوالى ٦,٥ متر ، بينما أوضحت تقارير المسح الجوى على امتداد الخمسين عاماً التى سبقت حدوث الزلزال أنه قد حدثت عمليات إزاحة على امتداد هذا الصدع الأرضى لمسافة بلغت حوالى ٣ أمتار .

ويرجع هذا التحرك إلى تأثير القوى التكتونية على جانبى النهر مما أدى إلى حدوث هذه الإزاحة ، وتبين أن الصخور فى هذه المنطقة ظلت مختزنة بداخلها كميات من طاقة التمدد أدت إلى انثنائها وانبعاجها ، ولكن مع مرور الوقت وازدياد ضغط هذه القوى حدث فى النهاية انهيار لتلك القوى التى تربط الصخور ببعضها البعض فى هذه المنطقة فحدث تفكك عند النقط الضعيفة ، وقد أدى استمرار عملية تفكك الصخور إلى تولد مستمر لقوى ضاغطة على امتداد الصدع تهدف إلى تبديد الإجهادات الكامنة داخل الصخور ، ويلاحظ صدور أصوات طقطقة تصاحب مثل هذه العمليات ؛ إذ أن الصخور تحاول فى مرونة أن ترتد إلى وضعها الأصلى ، وأثناء عملية الارتداد تحتك هذه الصخور ببعضها الأمر الذى ينتج عنه حرارة وذبذبات تنبعث فى شكل موجات تسمى بالموجات الزلزالية .

وتنطلق هذه الذبذبات من مركز الزلزال ، ومركز الزلزال هو النقطة التى يبدأ عندها الزلزال حيث تبلغ الهزات الأرضية حدها الأقصى فى الشدة .

وتنتقل هذه الموجات الزلزالية فى جميع الاتجاهات على سطح الكرة الأرضية وتنتشر بمد آلاف الكيلومترات ونقطة مركز الزلزال أو بؤرة الزلزال قد تكون قريبة من سطح الأرض أو ضاربة فى الأعماق حيث يعرف الزلزال فى هذه الحالة بأنه زلزال عميق البؤرة أو زلزال جوفى .

والصخور عادة لا تعود إلى وضعها الطبيعى مباشرة ، بل أن ذلك قد يستغرق عدة أيام أو ربما يتم خلال عدة سنوات ، وعندئذ تقل وتضعف شدة الطاقة الزلزالية المتولدة ، وهذه العملية البطيئة لتفريغ الطاقة الزلزالية المتولدة تسمى بالانزلاق الزلزالى .

وقد عجز العلماء حتى الآن عن الوصول إلى الأسباب التى تكمن وراء انطلاق هذه الطاقة الزلزالية تارة فى عنف وتارة أخرى بلا عنف ، إلا أنهم أرجعوا ذلك إلى سرعة حدوث انزلاق للشرائح الأرضية بمحاذاة بعضها البعض .

الأحزمة الزلزالية

من الصعب التكهن بحدوث الزلازل إلا أن دراسات العلماء المختصين أوضحت أن حوالى ٩٥٪ من طاقة الزلازل تتركز فى بعض المناطق فى شكل شرائط ضيقة تلتف حول الكرة الأرضية كالأحزمة .

وقد تبين أن أكثر المناطق تعرضاً للزلازل هى تلك المناطق التى تقع على حزام يمتد عبر الحافة الخارجية للمحيط الهادى بالإضافة لحزام آخر يمتد خلال المناطق الجبلية المطوية التى توجد بجوار البحر الأبيض المتوسط كما يمتد خلال إيران حتى يصل إلى الصين ماراً بجبال الهيمالايا .

كما أن هناك حزاماً متصلاً يمتد لآلاف الأميال عبر محيطات العالم ويتطابق هذا الحزام مع امتداد مجموعات الصدوع التى تتوسط المحيطات . بالإضافة لمناطق حدود الصدوع الأرضية مثل صدع شرق أفريقيا الذى يبلغ طوله ما يقرب من ٦٠٠٠ كيلومتر .

وقد اتضح أن ذلك الحزام الدائرى للنشاط الزلزالى بالمحيط الهادى له نفس مسار الحزام النارى للبراكين نظراً لأن القوى التكتونية التى تسبب الزلازل هى أيضاً المسئولة عن حدوث النشاط البركانى وتقع أكثر المناطق تميزاً بشدة البراكين عند حدود الشرائح الأرضية وتشترك فى مجموعة من الأخاديد العميقة والبحيرات البركانية القوسية حيث تندس شريحة المحيط تحت الشريحة القارية .

هذا ويبدأ هذا الحزام الزلزالى الدائرى من نيوزيلندا ويمتد شمالاً ليشمل جزر تونجا وساموا وفيجى وجزر لويالتى وجزر نيوهيبريدز وسولمون ثم يمتد هذا الحزام بعد ذلك نحو الغرب ليضم بريطانيا الحديثة وجونيا الحديثة بالإضافة لجزر مولاكس ، ثم يتجه فرع من هذا الحزام غرباً عبر أندونيسيا بينما يتجه المسار الرئيسى لهذا الحزام نحو الشمال ليشمل الفلبين حيث يوجد صدع أرضى كذلك يضم هذا الحزام الزلزالى تايوان وجزر اليابان ، كذلك يوجد حزام زلزالى آخر يدخل تحت هذا الحزام ويمتد بمحاذاته ويضم مجموعة جزر

الماريانز ، وهى صنف من الجزر البركانية التى تتميز بتكوين خندق متسع وعلى أعماق تصل إلى حوالى ٩٠٠٠ متر . ثم يتجه هذا الحزام الزلزالى الدائرى نحو الشمال ليشمل جزر كوريل فى أعلى المحيط الهادى بالإضافة لجزر كتشاتكا والوتيان .

أما إذا تتبعنا الجانب الشرقى للحزام الدائرى للمحيط الهادى فسنجد أنه يمر خلال جبال الإنديز فى وسط وجنوب أمريكا وتشيلى ، وبيرو وهى مناطق تشتهر بمجموعة من الزلازل التى تعتبر من أعنف الزلازل التى عرفتها البشرية ، ففى هذا القرن وحده وقع بأمريكا الوسطى والجنوبية مالا يقل عن ٢٤ زلزالاً شديداً بقوة ٧,٥ درجة أو أكثر فى بعض الأحيان ، وهذا الأمر يرجع إلى أن الشريحة الأرضية التى تحمل فوقها قارة أمريكا الجنوبية تقوم بدفع الشريحة الأرضية للمحيط الهادى لتتموج وتتعرج إلى أسفل محدثة بهذا متزايداً داخل أعماق القشرة الأرضية يؤدى إلى دفع بعض الصخور إلى أسفل بينما البعض الآخر يرفع إلى أعلى السطح مثل سلسلة جبال الأنديان ؛ لذا تتسبب مجموعة هذه القوى فى إحداث ضغوط شديدة داخل المنطقة كلها وبزيادة هذه الإجهادات تبدأ الزلازل فى الانطلاق الواحد تلو الآخر عبر الخط الساحلى .

أما الحزام الزلزالى الثانى فيمتد أيضاً خلال مناطق تعتبر من أكثر المناطق الزلزالية نشاطاً فى العالم حيث يمتد بطول ٤١٢٥ كيلومتراً عبر هضبة التبت وأجزاء كثيرة من الصين ، وقد تعرضت هذه المنطقة وعلى مدى عدة قرون


(مسار الأحزمة الزلزالية فى العالم)

طويلة مرت بمجموعة من الكوارث الزلزالية المدمرة تسببت فى مصرع الملايين من البشر ، ومنذ مطلع هذا القرن تم تسجيل مجموعة من الزلازل القوية بلغت شدتها ٨ درجات ، ويمتد هذا الحزام الزلزالى فى اتجاه الغرب خلال سلسلة جبال هندوكاشي بشمال أفغانستان ، وبالقرب من جمهورية تادز هيكستان الروسية يوجد مركز للنشاط الزلزالى ذو العمق المتوسط الذى يتراوح ما بين ١٦٥ إلى ٢٥٠ كيلومتراً وقد تعرضت هذه المنطقة خلال هذا القرن إلى ثلاثة زلازل وصلت شدة كل منها ٨ درجات وهذا الحزام الزلزالى يشتهر بنشاطه البالغ حيث تم تسجيل ما يقرب من ألفي زلزال بسيط سنوياً أما خلال عام ١٩٧٧ فقد تم تسجيل مالا يقل عن ٦ آلاف زلزال ، ومن هذا الموقع يمتد القوس الفارسى وفى انتشار واسع عبر جبال البامير والقوقاز وحتى تركيا .

أما الطرف الشرقى للبحر الأبيض المتوسط حيث توجد مناطق تصادم للشرائح الأرضية فيعتبر مرتعاً خصباً للزلازل .

وقد تعرضت كل منطقة الشرق الأدنى للكثير من الزلازل منذ القدم والتى ورد ذكرها فى بعض الكتب الدينية القديمة إلى جانب باقى المنطقة المحيطة بالبحر الأبيضَ المتوسط التى تعرضت أيضاً لزلازل مدمرة على مدى التاريخ القديم .

وهناك مناطق معينة على سطح الكرة الأرضية تعرف بأنها مناطق مستقرة ، وقد تقع بها بعض الزلازل أيضاً ولكنها تكون أقل عرضه لتكرار حدوث هذه الزلازل ، ويمكن القول أن هذه المناطق المستقرة تتمتع بحماية تتكون من الصخور القديمة فى قلب القارات ، وهذه المناطق تشمل سكان نيافيا وجرين لاند وشرق كندا وأجزاء من شمال سيبيريا وروسيا والمنطقة العربية والأجزاء الجنوبية من شبه القارة الهندية وشبه جزيرة الهند الصينية ، وأيضاً معظم أمريكا الجنوبية فيما عدا منطقة جبال الأنديز وكذلك كل أفريقيا فيما عدا وادى الصدع وشمال غرب القارة ، هذا بالإضافة لأجزاء كثيرة فى استراليا ، وإذا حدث زلزال فى هذه المناطق المستقرة فإنه يرجع إلى وجود ضعف فى القشرة الأرضية بسبب بعض الأنشطة البركانية السابقة التى أدت إلى انطلاق بعض الضغوط الداخلية الحبيسة .

الموجـــات الـزلـزاليـــة

اهتزاز الأرض مصطلح يستعمل لوصف تردد الأرض أثناء وقوع الهزة الأرضية وهذا التردد يحدث بسبب تكون مجموعة من الموجات الزلزالية المختلفة السعة والتردد ، فهناك موجات السطح الزلزالية وأيضاً موجات الجسم الزلزالية .

أما موجات الجسم الزلزالية فتنفذ إلى جسم الأرض فى شكل نوعين من الموجات المختلفة التردد وتعرف باسم موجات P وموجات S وهذه الموجات ذات تردد سريع ولكن فى اتجاه صغير لذلك فهى تسبب أضراراً أقل من الأضرار التى تسببها موجات السطح الزلزالية بالنسبة للمبانى والمنشآت .

وموجات الجسم P وتسمى الموجات الضاغطة أو الابتدائية وهى تتميز بقدرتها على اختراق أعماق الأرض بما فى ذلك أسفل طبقة الغلاف الأرضى بالإضافة إلى منطقة جوف الأرض السائل .

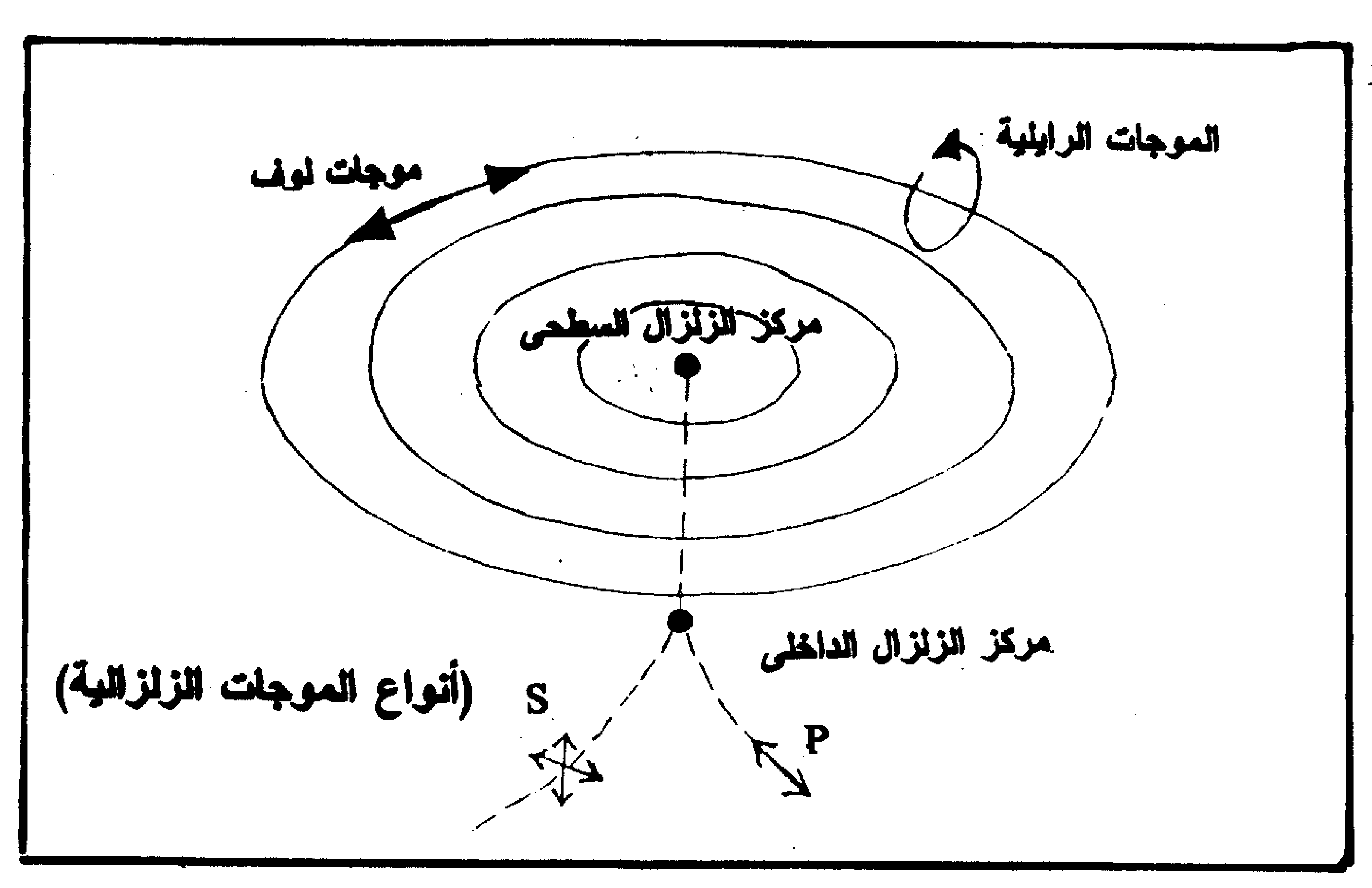
وتنتقل بسرعة تبلغ حوالى ٢٥,٠٠٠ كيلومتر فى الساعة وهى أول الموجات وصولاً وتسبب فى اهتزاز المبانى رأسياً لأعلى ولأسفل .

أما النوع الثانى من موجات الجسم الزلزالية : فتعرف باسم موجات «S» أو الموجات الثانوية وهذه الموجات لا تخترق سوى الأجزاء الصلبة فقط من الأرض وهى لذلك تجتاز مساراً أطول من مسار الموجة «P» ، وهذه الموجات تسير بسرعة تبلغ حوالى ١٦,٥٠٠ كيلومتر فى الساعة ، وتتسبب هذه الموجات فى اهتزاز المبانى فى حركة أفقية ؛ لذا فإن هذه الموجات تعتبر أكثر ضرراً على المنشآت ؛ لأن الحركة الأفقية تؤثر على المنشآت أكثر من الحركة الرأسية .

وقد أثبتت الدراسات أن معظم الأضرار الناجمة عن الزلازل تكون بفعل موجات السطح الزلزالية ؛ إذ أنها تسير وتنتقل عبر سطح الأرض بسرعات تعتبر أبطأ من سرعات موجات الجسم الزلزالية لذلك فهي تصل بعدها ، وتنقسم موجات الجسم أيضاً إلى نوعين من الموجات هى الموجات العرضية ، وهى موجات سطح تتحرك فى مستوى رأسى متتابع مثل الموجات التى تنشأ عند قذف الحصى فى بركة مياه ، وهذا النوع من الموجات السطحية يعرف باسم (الموجات الرايلية) نسبة إلى العالم البريطانى رايلين وهو أول من قام بوصف هذا النوع من من الموجات الزلزالية فى عام ١٩٠٠ والتى تنتقل فى بطء شديد .

أما النوع الثانى من موجات السطح الزلزالية : فتعرف باسم الموجات الطولية أو موجات (لوف) نسبة إلى عالم الرياضيات البريطانى (A.E.H. Love) ، وهذه الموجات الطولية تشبه فى حركتها تلك الحركة التى تنتقل من عربة إلى أخرى عندما يبدأ القطار فى الاندفاع إلى الأمام ، وهى تؤدى إلى تذبذب الأرض أفقياً وفى زوايا قائمة على مدار انتقال الموجه . وهذه الموجات الطولية تتسبب فى التحركات الأرضية الكبرى وتأثيرها قوى وشديد على اجهزة رصد الزلازل ، حتى أن بعض هذه الموجات الطولية السطحية استمر تسجيله على أجهزة السيزموجراف بعد مرور أربعة أيام أو أكثر على حدوث الهزة الأرضية الرئيسية .

ونظراً لأن موجات السطح الزلزالية لها سعات كبيرة جداً بينما ترددداتها تعتبر صغيرة بالنسبة لموجات الجسم الزلزالية لذا فإن هذه الموجات تعتبر المسئولة عن الدمار الرئيسى الذى ينتج عن وقوع الزلازل ، هذا وترتبط شدة اهتزاز الأرض بزيادة قوة الزلزال ، كما تنخفض شدة الاهتزاز بالابتعاد عن مركز الزلزال ، وتؤدى موجات الجسم وموجات السطح الزلزالية إلى اهتزاز المبانى بطريقة مركبة ، حيث نجد أن جزءاً من المبنى يتحرك بضع سنتيمترات فى اتجاه معين ، بينما جزء آخر من نفس المبنى يتحرك فى اتجاه مختلف ؛ الأمر الذى يؤدى إلى تدمير المبنى بسهولة .



أجهــزة رصــد الــزلازل

يستطيع علماء الزلازل تحديد المركز الحقيقى للزلزال أى أن يعرفوا العمق الذى تحدث عنده حركة الصخور داخل الأرض ، كما يمكنهم أن يحددوا المركز السطحى للزلزال وشدة الزلزال ، وكل هذه المعلومات يمكن للعلماء التوصل إليها الآن من خلال أجهزة تسجيل الزلازل ورصدها ، وهذه الأجهزة تسمى سيزموجراف وقد اشتق هذا الاسم من كلمة سيزمو ومعناها زلزال فى اللغة اليونانية ، كما يطلق على العلماء الذين يدرسون علم الزلازل ويستخدمون هذه الآلات لقب السيزمولوجيون ومعناها علماء الزلازل .

وأقدم جهاز سيزموجراف اخترعه رجل صينى يدعى تشانج هيج ، وكان هذا الرجل يعمل مديراً لإدارة التقويم فى الصين ، واستطاع فى عام ١٣٢ ميلادية أن ينجح فى تصميم جهاز يقوم على نفس فكرة الجهاز المستخدم حالياً إلا أنه لم يكن جهازاً وثيقاً ، وكان جهاز تشانج هيج عبارة عن إبريق نحاس بالغ الزخرفة بقطر يبلغ حوالى ٩١ سم . ويحيط بهذا الإبريق من أعلى حلقة ثبتت عليها وعلى مسافات متساوية نماذج لثمانية رؤوس لحيوان التنين ، وكل رأس من هذه الرؤوس تمسك بكرة صغيرة فى فمها ، وعند قاعدة الجهاز توجد

ثمانية ضفادع جالسة فاغرة فاها فى اتجاه رأس التنين الذى يقابلها تماماً ، ويتدلى فى داخل الإناء النحاسى بندول يشبه اللسان وهذا البندول مجهز بحيث إذا اهتزت الأرض فإنه يهتز ويتأرجح ضارباً إحدى رؤوس التنين الثمانية فتسقط الكرة من فم التنين إلى فم الضفدعة التى تجلس تحته عند قاعدة الإناء النحاسى ، الأمر الذى سيدل على اتجاه مركز الزلزال ، ولكن هذا الجهاز لم يكن دقيقاً بالقدر الذى يسمح بتحديد الزلازل البعيدة ، إذ أن قدرته شملت الزلازل القريبة بدرجة تسمح بإحساس الجهاز بها .

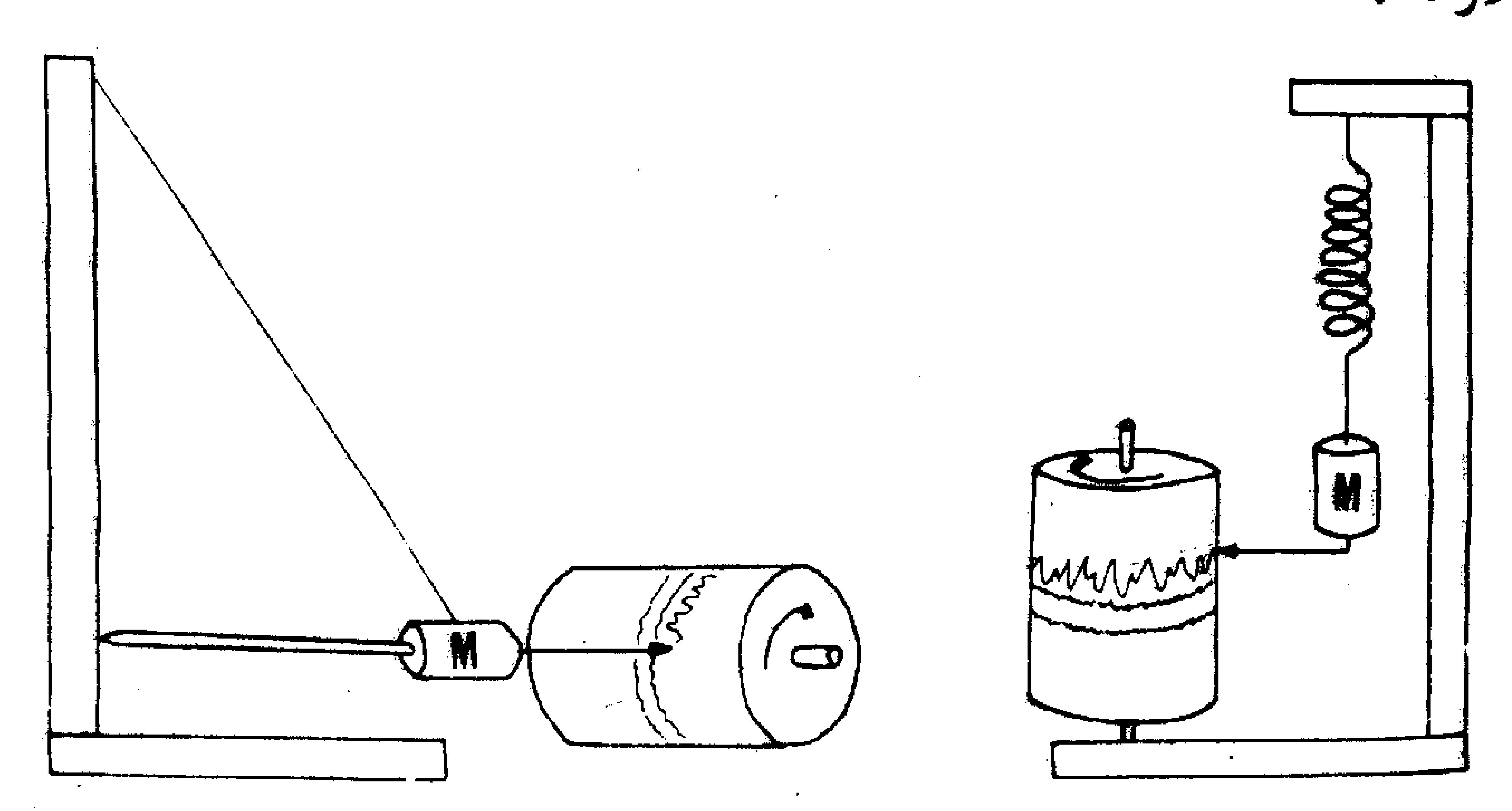
وفى عام ١٧٠٣ قام الفرنسي هوت فول بتطوير هذه الفكرة الصينية مستخدماً وعاءً على شكل الحوض به زئبق ، وحول حافة الإناء توجد ثمانى شفاه ومثبت تحت كل شفة فنجان صغير ، وعند اهتزاز الأرض ينسكب جزء من الزئبق إلى أحد الفناجين الثمانية محدداً اتجاه الزلزال .

كذلك تم تصميم جهاز قديم آخر مماثل عبارة عن وعاء خشبي ذى حواف مسننة ، والوعاء به زئبق ينساب عند حدوث الهزة الأرضية ، فيوضح بذلك اتجاه الزلزال ، إلا أن جميع هذه الأجهزة لم تكن على قدر كبير من الحساسية ، وقد تم بعد ذلك اختراع العديد من الأجهزة الأخرى والتى استخدم فيها الزئبق أو الماء الملون فى الأوانى بغرض رصد الزلازل ، بينما بعض الأجهزة الأخرى صممت على شكل قوارب صغيرة ذات صوارٍ ، ويتم وضع هذه القوارب فى كمية من الماء ، وعند حدوث الزلزال يهتز الماء محدثاً موجات صغيرة مائية فيتأرجح معها صارى القارب مشيراً إلى اتجاه الزلزال ، كما كانت هناك أيضاً أجهزة تحمل بندولاً ضخماً ذا مؤشر ، وهذا البندول معلق فوق أوانٍ تمتلىء بالرمال بحيث يؤدى تأرجح مؤشر البندول إلى إحداث علامات فوق الرمال توضح اتجاه موجات الزلزال .

وهكذا ومع حلول أواخر القرن التاسع عشر ، كانت قد توفرت أعداد لا بأس بها من أجهزة رصد الزلازل المختلفة والجيدة والتي استخدمت فيها ميكانيكية الساعات أو فكرة الوميض الضوئي أو دق الأجراس ؛ إلا أن هذه الأجهزة على اختلاف أفكارها لم تتمكن من قياس الموجات الزلزالية أو حتى

تحديد اتجاه الزلزال بالدقة المطلوبة ، لذا فقد بدأ الاهتمام بضرورة استخدام البندول وذلك فى إطار قوانين نيوتن للحركة والتى تقول : إن (كل جسم ساكن يحتفظ بحالته من السكون ما لم تؤثر عليه قوة خارجية) ، وهذا يعنى إنه عند اهتزاز الأرض يقوم بندول معلق بتحديد نسبة تحرك الأرض ولم تكن أجهزة بندول السيزموجراف القديمة مقنعة بالدرجة المطلوبة نظراً لقفز القلم على الورقة أثناء الاهتزاز مما يفقد الجهاز درجة كبيرة من حساسيته ودقته .

وفى منتصف الثمانيننات من القرن التاسع عشر قام عالم الزلازل الإنجليزى جون ميلنى والذى أطلق عليه لقب (أبو علم الزلازل) بعمل بعض التطوير باستخدام حزمة ضوئية مسلطة على ورق تصوير فوتوغرافى مما قلل إلى حد كبير من درجة الاحتكاك ، كما أنه استخدم أيضاً ورقة متحركة ومدرجة كالساعة للتسجيل ، إلا أن جهازه أيضاً لم يكن متحيزاً ويفتقر إلى الدقة اللازمة .



(رسم مبسط يوضح فكرة السيزموجراف)

أما العالم الروسى بوريس جاليتزن فقد توصل إلى فكرة وضع ملف دقيق فوق البندول وترك هذا الملف يتحرك بين قطبى مغناطيسى ، وعند اهتزاز الأرض يبقى البندول ثابتاً تماماً بينما يولد المغناطيسى المتحرك تياراً كهربياً

ببسيطاً فى الملف وهذا بدوره يصنع مؤشراً كهربياً دقيقاً . وأطلق على هذا الجهاز اسم (الجلفانوميتر) وقد أدخلت بعض التعديلات على هذا الجهاز لزيادة درجة الحساسية وذلك من خلال التكبير الإلكترونى للإشارات الكهربية الضعيفة ، كما استخدم فى تسجيلها شتى الطرق المختلفة مثل استعمال قلم وورقة أو استعمال اسطوانة فوتوغرافية وشريط تسجيل ، كما استخدم البندول المعلق أفقياً كصمام متأرجح ، مما قلل من تأثير الاهتزازات التى كان يتعرض لها البندول الرأسى .

كذلك أمكن الوصول إلى تحديد متكامل لطبيعة الموجات الزلزالية من خلال تطوير هذه الأجهزة لتعمل بحد ثلاثة محاور : أحدهما رأسى والآخران أفقيان ، والآن يمكن لمحطة رصد الزلازل أن ترصد ما يقع من هزات أرضية فى أى بقعة من بقاع العالم .

وتسمى البيانات الزلزالية الصادرة من مرسم الزلازل باسم سيزموجراف ، أما تلك البيانات التى توضح طبيعة الموجات الزلزالية فتسمى سيزموجرافا .

وقد وجد أن الموجات المسجلة تتعرض أثناء مرورها خلال طبقات الأرض المختلفة إلى الكثير من التشويه حيث تقوم الأرض بترشيح هذه الموجات نتيجة لتعقيد مكونات الأرض الداخلية والتى تتكون من صخور عديدة غير متجانسة ؛ لذا يتعذر سماع الإشعاع الزلزالى الصادر من مركز الزلزال فى أعماق الأرض بطريقة مباشرة ، لذلك تم تصميم نموذج نظرى له القدرة على نسخ ما يحدث من عمليات التشويه التى تحدث عبر طبقات الأرض المختلفة ، ويطلق على هذا النموذج اسم (رسم بيان انتقال الحركة الزلزالية) ويستخدم هذا النموذج فى تحديد موقع الزلزال السفلى بالإضافة إلى شدة الزلزال ، وهذا النموذج تزود به محطات رصد الزلازل لتحديد بعد الزلزال عن محطة رصد الزلزال ، وقد أكدت عمليات التجارب النووية التى أجريت مدى دقة هذا الرسم البيانى حيث أمكن من خلاله تحديد زمن بدء الانفجار وموقعه ونطاقه .

كذلك يتم تحديد مركز الزلزال السطحى وهى النقطة على سطح الأرض

الواقعة فوق المركز السفلى للزلزال مباشرة والذى يتم تحديده من خلال بعض العمليات الحسابية للبيانات المسجلة عن طريق محطتين لرصد الزلازل على الأقل .

ويمكن تفسير هذه العملية بطريقة مبسطة ، وذلك من خلال توضيح حركة نوعى الموجات الزلزالية المختلفة .

فكما سبق وذكرنا أن الموجة الزلزالية الثانوية S تتميز بأنها أبطأ فى سرعتها من الموجة الابتدائية P ، لذلك نجد أن الموجة S تصل إلى محطة رصد الزلزال بعد الموجة P كما تبين - وبصفة عامة - أنه كلما ازداد عمق المركز السفلى للزلزال ازداد الفارق الزمنى بين وصول الموجه P والموجه S ، فمثلاً إذا كان الزلزال على بعد حوالى ٣٣٠٠ كيلومتر فإن الفارق الزمنى بين وصول الموجة P والموجة S يكون حوالى ٤,٥ دقيقة ويلاحظ تلك الفروق بين أوقات وصول هذه الموجات الزلزالية المختلفة يمكن حساب بعد الزلزال بالنسبة لمحطة الرصد .

أما موقع الزلزال فيتم تحديده من خلال تجميع قراءات ثلاث محطات أو أكثر ثم إعداد خريطة تحدد عليها دوائر حول موقع كل محطة ، وتكون هذه الدوائر بنصف قطر يساوى بعد مركز الزلزال عن هذه المحطة وتمثل نقطة تلاقى جميع هذه الدوائر موقع الزلزال .

مقياس ميركاللى

اعتمدت عمليات قياس الزلازل فى البداية على الآثار التى يحدثها الزلزال ، إلا أن ذلك المعيار لم يكن يتميز بالدقة المطلوبة نظراً لاختلاف التقديرات بالنسبة لهذه الآثار ، إلى أن قام عالم الزلازل الإيطالى جيوسيب ميركاللى بتصميم مقياس مضبوط يعتمد على حجم الضرر الذى تعرضت له الأنواع المختلفة من التركيبات الأرضية .

وقد قام العلماء الأمريكيون بإدخال بعض التعديلات على هذا المقياس وأطلقوا عليه اسم مقياس ميركاللى المعدل ، وهو مقياس مقسم إلى ١٢ مستوى

من مستويات الشدة ، ويبدأ من مستوى مجرد الإحساس بالهزة بصعوبة ثم يتدرج حتى يصل إلى أقصى مستوى من الشدة وهو مستوى الدمار الكامل .

إلا أن استخدام أسلوب المقارنة فيما يحدثه الزلزال من آثار قد لا يعتبر الوسيلة الفعالة لقياس شدة الزلزال نظراً لأن حجم الدمار يتوقف على عدة عوامل كثيرة منها على سبيل المثال مدى البعد عن مركز الزلزال وطبيعة الصخور المتواجدة على السطح بالإضافة إلى طبيعة تصميم المبانى والمنشآت فى موقع الزلزال ؛ لذا فقد تم تطوير وسائل تحديد كمية الطاقة المنطلقة من الزلزال فى قياسات تعرف باسم الشدة .

مقياس ريختر

يعتبر هذا الجهاز من أوسع أجهزة قياس الزلازل انتشاراً وقد قام بتصميم هذا الجهاز عالما الزلازل الأمريكان تشارلز يرخيتر وبينو جاتنبرج ، وتتلخص فكرة هذا الجهاز فى قياس شدة الزلزال من خلال كمية الطاقة المنبعثة من هذا الزلزال والتى يجب ألا تتأثر ببعد محطة رصد الزلزال أو بنوع مرسمة الزلازل المستخدمة ، وهى طريقة تتميز بالسهولة حيث يقوم العالم المختص فى البداية بقياس أقصى سعة لحركة الأرض من خلال استخدام مرسم الزلازل ثم تقسم هذه القيمة على درجة التكبير المصمم بها الجهاز فيترتب على ذلك الحصول على القيمة الحقيقية لهذه السعة عند نفس موقع محطة الرصد ، ثم يقوم الشخص المكلف بالعمل بضبط مقدار الانخفاض فى شدة الموجات الزلزالية نتيجة رحلة هذه الموجات من المركز السفلى للزلزال وحتى وصولها إلى محطة رصد الزلازل وبذلك يمكن حساب كمية الطاقة المنطلقة ، والواقع أن المحطات المختلفة لاتتفق معاً حول نتائج واحدة ؛ لذا يؤخذ متوسط لنتائج المحطات المختلفة .

وتستعمل اللوغاريتمات فى مقياس ريختر بمعنى أن كل درجة من درجات هذا المقياس تعنى زيادة فى شدة حركة الأرض بما يعادل عشرة أمثال الدرجة السابقة لها مباشرة ، كما يعنى أيضاً أن انطلاق كمية من الطاقة يعادل حوالى ٣٠ ضعفاً ، وعلى ذلك نجد أن زلزالاً شدته ٧,٥ درجة مثلاً يطلق كمية من الطاقة تعادل ٣٠ مرة أو أكثر من الطاقة التى يطلقها زلزال آخر شدته

٦,٥ درجة وحوالى ٩٠٠ مرة أكثر من زلزال شدته ٥,٥ درجة ، مما يعنى أن زلزالاً ضخماً شدته ٨,٥ درجة يطلق من الطاقة ما يفوق بكثير تلك الهزة البسيطة التى يشعر بها الإنسان ، وهذا التوضيح ينفى التصور الذى يقول : إن وقوع زلزال متوسط الشدة مثل زلزال متوسط صدع سان أندرياس فى أمريكا من شأنه أن يقلل من فرص وقوع زلزال آخر شديد فى نفس المنطقة ؛ ذلك لأن كمية الطاقة التى تنطلق مرة واحدة من مثل هذه الزلازل قد لا تكفيها آلاف الهزات الأرضية الصغيرة الأخرى .

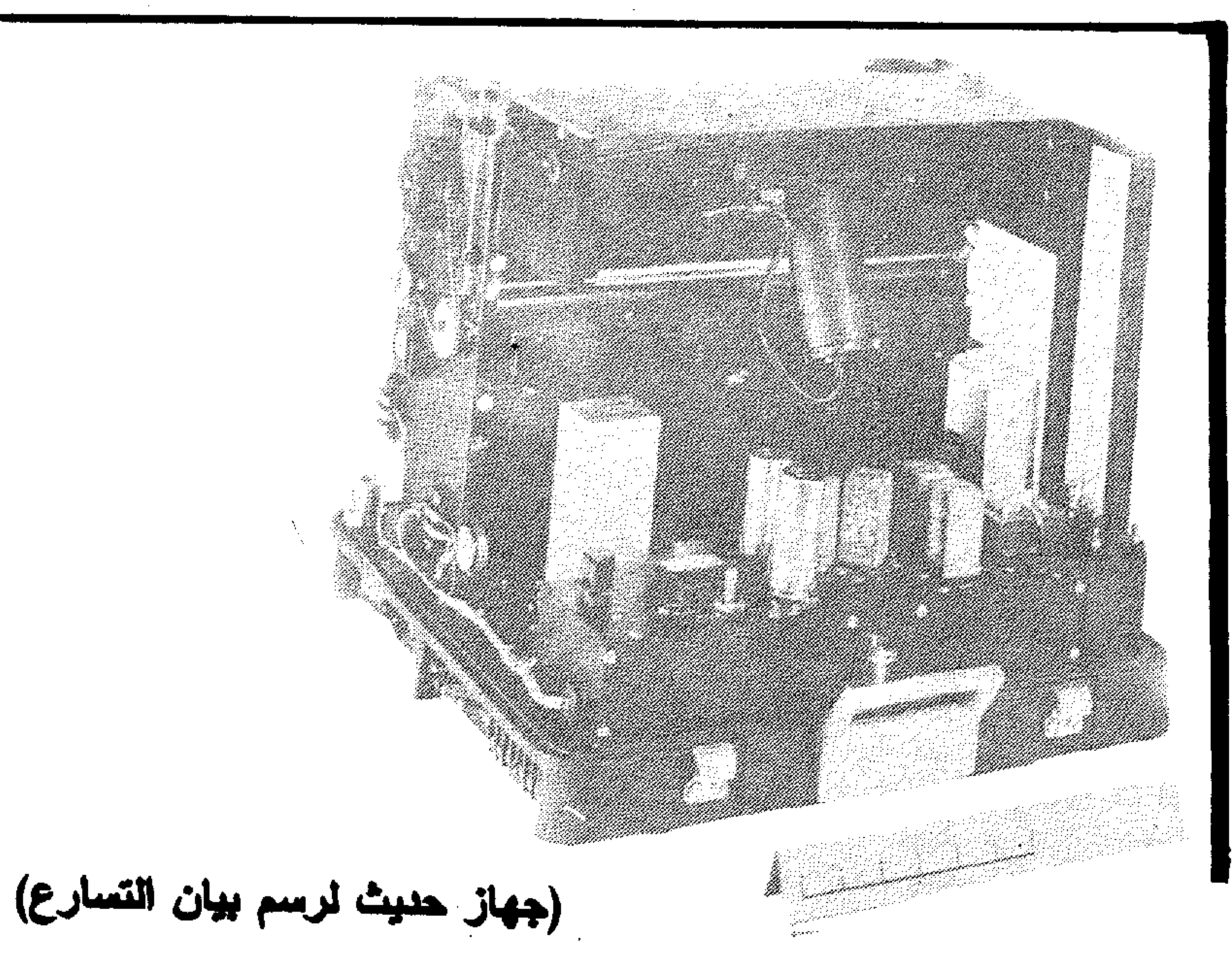
وتأتى الصعوبة فى قياس درجة شدة الزلزال من أن الطاقة الزلزالية لا تنطلق من نقطة واحدة فقط ولكنها تمتد بطول الصدع كله مما يشكل صعوبة فى القياس ، ومع اتساع الصدع تتحرك نقطة مركز الإشعاع الموجى من موضع إلى آخر وكثيراً ما تتداخل موجات هذا الموقع مع موجات أخرى صادرة من موقع آخر .

وقد وقع خلال هذا القرن ما يقرب من ٦٠ زلزالاً تراوحت شدتهم ما بين ٨ درجات و ٨,٧ درجة ، ورغم ذلك فإن هناك بعض هذه الزلازل مازالت تطلق كميات كبيرة من الطاقة تعتبر أكبر من طاقة الجهاز ، ويحدث هذا نتيجة لأن الصدوع فى حالة الزلازل الضخمة تكون كبيرة وتستلزم مسافة أطول تقطعها الموجة الزلزالية حتى تصل إلى محطة رصد الزلازل إذا ما انطلقت من نقطة بعيدة للصدع مما يقلل من القيمة الفعلية لشدة بعض الزلازل الضخمة عند قياسها ، ولعل هذا يفسر ما حدث فى عام ١٩٧٧ عندما قفزت شدة زلزال الجمعة الحزينة فى آلاسكا حتى بلغت ٩,٢ درجة بعدما كان الزلزال السابق فى عام ١٩٦٤ يبلغ ٨,٥ درجة فقط ، بينما زلزال سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦ نجد أن شدته انخفضت من ٨,٣ إلى ٧,٩ درجة بعد أن هدأ الزلزال .

وعادة ما تتعرض أجهزة قياس الزلازل للتدمير عند وضعها بالقرب من الصدع الزلزالى أو تحت تأثير زلزال ضخم ، لذا فإن عملية قياس الموجات القصيرة التى تحدث بعد الزلازل الشديدة مباشرة عادة ما تكون بالغة الصعوبة

بالنسبة لعملية قياس الموجات الطويلة والتى يمكن دراستها على البعد وفى أمان تام .

وقد تم استخدام أجهزة للقياس مسطحة التصميم تسمى جهاز رسم بيان التسارع ، ويتم زرع هذه الأجهزة بالقرب من الصدوع فى المناطق الزلزالية المعروفة مثل ولاية كاليفورنيا بأمريكا وغيرها من المناطق الأخرى ، وتتيح هذه الأجهزة إمكانية قياس موجات الزلزال القصيرة ودراستها ، ومن خلال هذه الدراسات أمكن للمهندسين التوصل إلى تصميمات معمارية متطورة يمكنها أن تقاوم الحركات الزلزالية فى المناطق المعرضة للزلازل .



(جهاز حديث لرسم بيان التسارع)

بعض آثار ومضاعفات الزلازل

لا ينحصر أثر الزلازل المدمرة فى التسبب فى انهيار المبانى ومصرع الآلاف من البشر فقط ، ولكن هذا الأثر يمتد أيضاً ليشمل العديد من الآثار والمضاعفات الطبيعية : بعضها سريع الأثر والبعض الآخر يظهر على المدى الطويل مما يؤثر بشكل واضح على تضاريس وتكوين سطح الكرة الأرضية .

فالزلازل يمكن أن تتسبب فى إحداث انهيالات وانهيارات صخرية مختلفة

ومتعددة ، بل إن الزلازل تستطيع فى بعض الأحيان أن تدفع بركاناً خامداً فى إحدى المناطق المجاورة لها وتعيد إليه الحياة والنشاط مرة أخرى ، كما أن طول الفترة الزمنية التى تهتز فيها الأرض خلال الزلزال قد تؤثر بشكل واضح على حجم وشكل الدمار الذى يحدث سواء من ناحية التكاليف المادية الباهظة أو من ناحية التغيرات الطبيعية فى التركيبات الصخرية المختلفة .

وقد دأب العلماء المختصون فى هذا المجال على ملاحظة ودراسة هذه الآثار والمضاعفات للكوارث الزلزالية المتعددة وأمكنهم حصر معظمها ومن هذه الآثار على سبيل المثال :

انفجار الينابيع المائية

هناك تأثيرات تدل على مدى الاضطرابات التى تحدث فى باطن الأرض بالقرب من مناطق الزلازل ، فقد يحدث ارتفاع أو انخفاض فى مناسيب المياه داخل الينابيع والآبار ، بل إن بعض هذه الينابيع والآبار قد توقفت تماماً عن دفق المياه كمجموعة مع بعضها البعض بعد وقوع بعض الزلازل ، بينما البعض الآخر أصبح يدفع بمياه حمراء أو صفراء اللون وذات رائحة كبريتية ومذاق غريب ، وقد سجل العلماء أن الزلازل بصفة عامة يمكن أن تتسبب فى إحداث جفاف مؤقت فى قاع الأنهار مثل ما حدث لنهر التايمز فى انجلترا حيث تعرض هذا النهر للجفاف فى عام ١١٥٨ عندما تعرضت مدينة لندن لزلزال شديد .

موجات البحر الزلزالية أو الموجات التسونامية

عند وقوع الزلازل يتولد نوع من الموجات البحرية تحت سطح البحر ، وهذا النوع من الموجات البحرية يعرف باسم موجات البحر الزلزالية أو موجات البحر التسونامية وهو اسم أطلقه اليابانيون من كثرة ما عانوا من هذا النوع من الأمواج ، وكلمة تسونامى تعنى الموجة المدية فى اللغة اليابانية وهى موجة بحرية شديدة الارتفاع والقوة تنشأ عقب وقوع الزلازل .

وهذه الموجات لا علاقة لها بحركات المد والجزر المعتاه فى البحار

والمحيطات ، ولكن معظم هذه الموجات يكون سببها عملية الإزاحة الرأسية التى تحدث فى قاع المحيط ، كما أن بعض هذه الموجات ينشأ بسبب بعض الآثار والمضاعفات الزلزالية مثل الانهيالات الساحلية الواسعة النطاق .

بالإضافة لثورة البراكين التى قد تحدث مثل ثورة بركان كراكاتوا الذى انفجر فى عام ١٨٨٣ فى اليابان ، ومثل هذه الأحداث قد تسبب فى وجود تموجات بحرية ضخمة وبارتفاعات بالغة ، ففى المحيط المفتوح قد ترتفع هذه الموجات حتى يصل ارتفاعها ما يقرب من المتر ويمتد طولها إلى حوالى ٥٠٠ كيلومتر وقد تتراوح المسافة بين قيمة كل موجة والأخرى ما بين ١٠٠ إلى ٢٠٠ كيلومتر . لذلك نجد أن موجه التسونامى لها انحدار معتدل ومن الصعب رصدها عملياً أثناء مرورها ، حيث تنتقل هذه الموجات بسرعة تتراوح بين ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ كيلومتر فى الساعة .

وعندما تقترب الموجة من المياه الساحلية الضحلة نجد أنها تتخذ شكل الحائط المائى الهائل الذى قد يبلغ ارتفاعه حوالى ٦٠ متراً ، ولكن فى أغلب الأحيان لا يزيد ارتفاعها عن بضعة عشرات من الأمتار ، وتبدأ خطورة هذه الموجات عند دخولها منطقة المياه الضحلة عند الموانى والخلجان الضيقة حيث تصطدم بمستوى عمق المياه فى هذه المناطق مما ينتج عنه انخفاض مفاجىء فى سرعتها ، وتسبب عملية الأنخفاض المفاجىء هذه إلى حدوث زيادة وفيرة فى كمية المياه فيزداد معها ارتفاع الموجة بشكل ضخم مروع ، وتتسبب هذه القوة الضخمة الهدامة فى إحداث دمار شديد عند ارتطامها بالشاطىء ، وعادة ما تتعرض المبانى الكبيرة والمنازل فى هذه المناطق للانهيار عند ارتطام مثل هذه الموجات بها ، وكثيراً ما تحمل هذه الموجات التسونامية البواخر الكبيرة وترفعها ثم تجرفها نحو الأرض اليابسة لتستقر بعد ذلك فوق رمال الشواطىء .

والشواطىء اليابانية مشهورة بهذا النوع من الموجات التسونامية والتى تسببت فى تدمير معظم الشواطىء فى الجزر اليابانية ومصرع العديد من الضحايا .

الجلبة والضوضاء

تختلف درجة الجلبة والضوضاء التى يحدثها الزلزال تبعاً للمنطقة التى يحدث بها هذا الزلزال ؛ إذ تكون الجلبة منخفضة النطاق فى المناطق ذات التربة الصلبة عنها فى المناطق ذات التربة الهشة ، أما فى المدن فكثيرا ما يكون من الصعب التمييز ما بين صوت جلبة الزلزال وصوت انهيار المنشآت .

وهذه الأصوات الزلزالية عادة ما تكون فى شكل انفجارات قصيرة أو فى هيئة سلسلة متتالية من الضربات العنيفة التى قد يخطىء السامع لها ويظن أنها مجرد انطلاق لقذائف مدفعية .

كما أن الضوضاء الزلزالية يمكن أن تكون فى شكل صوت طقطقة عالية كالتى تصدر عند إلقاء الحصى على سطح من الصفيح ، ولكن فى بعض الأحيان يكون الصوت صاخباً ومندفعاً مثل صوت الريح القوية التى تمر عبر الأشجار ، بينما فى أحيان أخرى يكون الصوت الصادر من الزلزال كصوت الرعد ، وقد أوضح علماء الزلازل أن هذه الأصوات قد تسبق الاهتزازات بفترة يمكن أن تصل لأكثر من أسبوعين ، كما حدث فى حالة زلزال تركيا عام ١٩٧٦ الذى أدى إلى مصرع حوالى ٤٠٠٠ شخص ، إلا أنه فى معظم الأحيان عادة ما يسمع صوت الزلزال فى نفس الوقت الذى يشعر فيه الناس بوقوع الزلزال ، وتستمر هذه الأصوات لفترة قصيرة ومستمرة ترتبط باستمرار وقوع الزلزال نفسه .

كذلك موجات الضغط الجوى الناتجة من وقوع الزلزال يمكن أن تحدث أيضاً أصواتاً تدوى مثل صوت الرعد ، ويمكن سماع هذه الأصوات على البعد ، وقد ترتفع هذه الموجات الصوتية فى بعض الأحيان حتى تصل إلى الطبقات العليا للغلاف الجوى ، وقد أثبت العلماء أن زلزال اليابان الذى وقع عام ١٩٦٨ بالإضافة إلى زلزال جزيرة كورلى عام ١٩٦٩ قد تسببا فى إحداث تغيرات ملموسة فى طبقة الأيونوسفير وهى الطبقة العليا من الغلاف الجوى حيث قامت موجات السطح الزلزالية بدفع موجات ضغط صوتية فارتفعت بوضوح لأعلى رأسياً خلال طبقات الغلاف الجوى .

الأشعة الضوئية

لاحظ العلماء أن وقوع الزلازل يقترن بصدور نوع معين من الأشعة الضوئية ، وكثيراً ما تظهر هذه الأشعة على شكل قبة فى الهواء وتكون على مقربة من سطح الأرض .

وهذه الأشعة الضوئية تسطع أثناء حدوث الزلزال إلا أنه أمكن ملاحظتها قبل وبعد الزلزال ، كما أمكن رصد مشهد هذه الأشعة الضوئية على بعد حوالى ٤٥٠ كيلومتراً من مكان وقوع الزلزال .

وبعض التفسيرات القديمة لهذه الظاهرة تنسب هذه الأضواء إلى وجود برق أو أى اشتعال الأبخرة القابلة للاشتعال والتى تتسرب من الشقوق الأرضية .

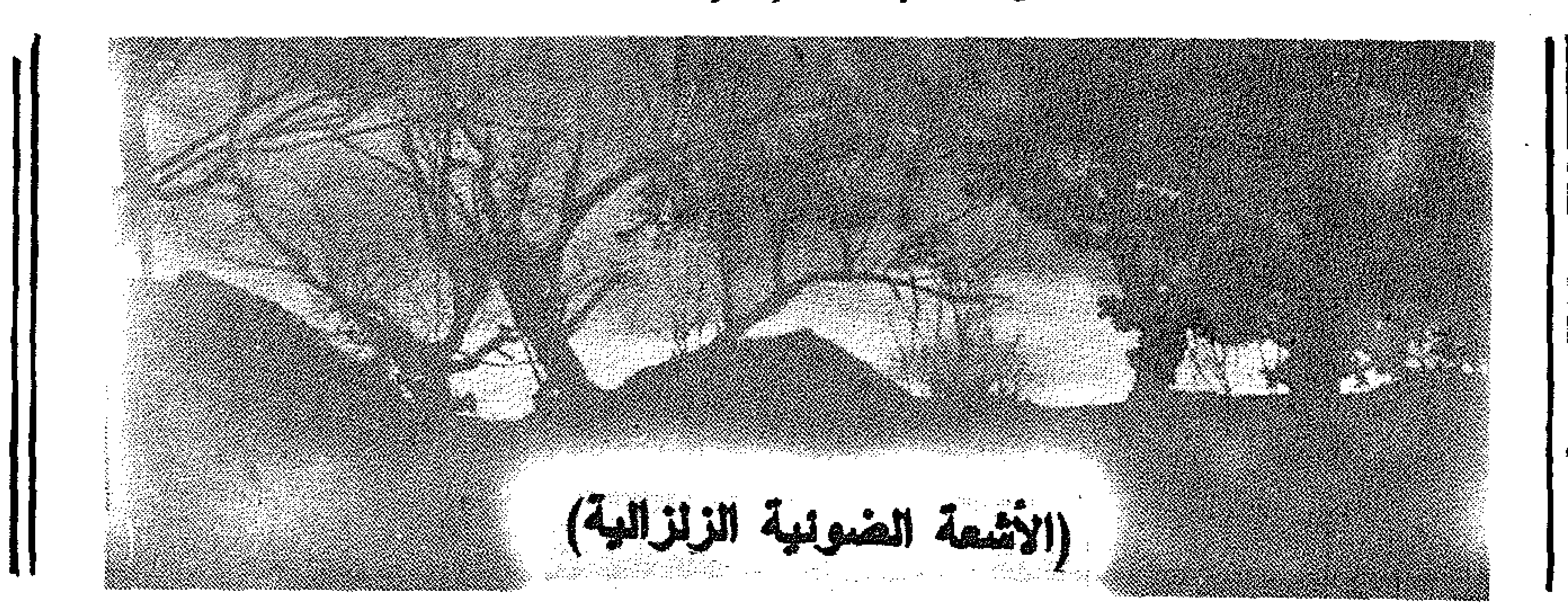
وقد أوضحت بعض التقارير أن كرات اللهب اندفعت من الأرض ثم سقطت فى البحر .

ومن الظواهر الطبيعية البالغة الغرابة أن هذه الأضواء تكون مصحوبة بتأثيرات كهربية فريدة ، حيث لوحظ وجود صفائح مضيئة تقذف من خلال سحب الغبار الكثيفة الناتجة من الزلزال ، وهناك العديد من التقارير التى أوردت وجود نشاط كهربى غريب قبل وأثناء وقوع الزلزال ، ومن الممكن فى عصرنا الحالى تفسير ظهور تلك الأقواس الكهربية إلى وجود العديد من الأسلاك الكهربية العلوية المتشابكة .

كذلك أشارت التقارير إلى حدوث اختلال واضح فى الإرسال اللاسلكى والمغناطيسى أثناء وقوع الزلازل .

وقد أوضح بعض العلماء أن ظاهرة الأشعة الضوئية التى تظهر بوضوح أثناء الزلزال ترجع إلى أن الاحتكاك الشديد الذى يتم على خط الفالق يؤدى إلى تسخين ورفع درجة حرارة شريط رفيع من الصخر الملاصق لهذا الخط فينتج عن ذلك تصاعد لبخار الماء الذى يكون كالعازل حول الجزء المنزلق من الصدع ، وهذا الخليط من الصخور المتفتتة وبخار الماء يتسبب فى توليد نوع من المجال الكهربى ويكون مسئولاً عن تفريغ الشحن الكهربية الموجودة .

هذا وقد عكف العلماء على دراسة هذه الظواهر الكهربية حتى يمكن الاستعانة بها فى مجال التنبؤ بحدوث الزلازل .


(الأشعة الضوئية الزلزالية)

السيولة الصخرية

تهدد الزلازل تكوين وتركيب القشرة الأرضية بشكل واضح ومباشر ، والسيولة الصخرية مصطلح يستخدم لوصف بعض العمليات الطبيعية التى تحدث داخل التربة وتؤدى إلى انهيار أجزاء من الأرض خلال وقوع الزلازل والبراكين العنيفة ، وهذه الظاهرة تقتصر على مناطق معينة لها ظروف جيولوجية ومائية محددة للبيئة المحيطة بالزلزال وهذه الظاهرة تتركز بصفة أساسية فى المناطق التى ترسبت فيها طبقات الطمى والرمال خلال فترة ١٠,٠٠٠ سنة الأخيرة هذا إلى جانب وجود مياه جوفية على عمق قد يبلغ ١٠ أمتار من السطح .

وبصفة عامة يمكن القول أنه كلما كانت الطبقات المترسبة أكثر تفككاً وأصغر عمراً فى التكوين مع ارتفاع نسبة التشبع بالماء كانت هذه التربة أكثر قابلية للتأثر أثناء وقوع الزلزال .

وظاهرة السيولة تسبب تكون تربة خالية من الطَّفْل وغنية بالرمال والطمى مما يجعلها تتصرف كالسوائل اللزجة ، وما أن تتعرض هذه التربة للموجات الزلزالية حتى تنهار الأجزاء الضعيفة والغير متماسكة ، وقد يؤدى هذا التمزق فى تكوين التربة إلى تزايد الضغط على المياه الجوفية مما يسبب نوعاً من الطفح المائى يدفع بهذه التربة الحبيبية فى شكل فيضان لفترة قصيرة .

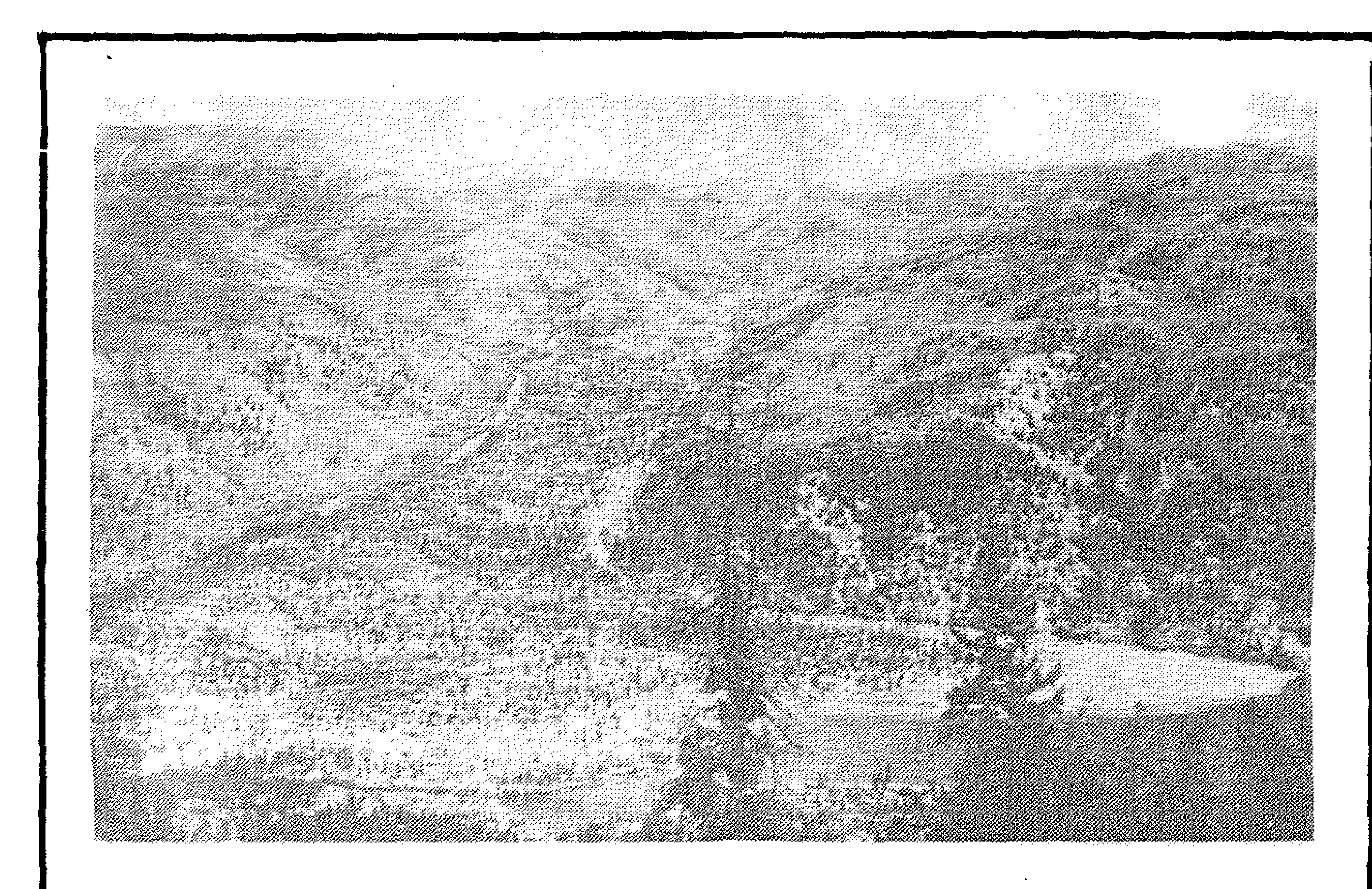


(انتشار أفقى للمياه بعد زلزال الاسكا عام ١٩٦٤)

وفى بعض الأحيان تتكون نافورات للمياه المختلطة بالرمال والتى تكون فى حالة غليان بسبب اندفاعها من منطقة الضغط السائلة وقد يصل ارتفاع هذه النافورات لعشرات الأمتار ، كما أن هذه الرمال الساخنة قد تتسبب أيضاً فى حدوث فيضانات محلية ، وسرعان ما تتجمع مكونة تجمعات فى مساحات كبيرة من الرمال والطمى وتبدأ فى الانتشار أفقياً مما يؤدى إلى العديد من الشقوق والحطام وعادة ما يحدث ذلك فى المناطق البسيطة الانحدار ، وقد ظهر هذا الأثر بوضوح خلال زلزال آلاسكا عام ١٩٦٤ حيث تسببت عمليات الانتشار الجانبى الفيضانى بالقرب من الفروع النهرية فى إحداث أضرار بالغة نتيجة لضغط الرواسب المناسبة على الجسور والكبارى التى تمر فوق هذه القنوات المائية فأدت إلى ابنعاج بعضها وتحطيم البعض الآخر لمجموع يزيد عن ٢٠٠ قنطرة وجسر ، هذا بالإضافة إلى قيام هذه الرواسب المناسبة بدفع طبقات التربة عند هذه الجسور ، مما تسبب فى تحريك وميل الأرصفة ودعامات الجسور .

كما يعتبر هذا الانتشار الأفقى لفيضان الرواسب السائلة مدمراً لخطوط الأنابيب كما حدث خلال زلزال سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦ حيث تحطمت معظم خطوط الأنابيب الرئيسية للمياه مما أعاق عملية مكافحة الحريق ، وكان

التدهور والتحرك الأرضى المتداخل الذى حدث بسبب هذا الانتشار الفيضانى والذى بلغ حوالى (٢ متر) فى بعض المواقع مسئولاً وبدرجة كبيرة عن تدمير مدينة سان فرانسيسكو .



(انتشار فيضانى للطمى فى كلورادو)



ومن أسوأ مظاهر التدهور الأرضى الذى يمكن أن يحدث عند وجود كتل صخرية متماسكة فوق طبقة من التربة السائلة ، وهذا النوع من التدهور الأرضى عادة ما يتحرك لعشرات الأوتار بل إنه تحت ظروف جيولوجية معينة يمكن أن يسير عشرات الكيلومترات وبسرعة قد تصل إلى عشرات الكيلومترات فى الساعة الواحدة ، وهذا النوع من التدهور الأرضى عادة ما يحدث فى المناطق ذات الانحدار الواضح ، وقد ظهر أثر هذه الظاهرة بوضوح خلال زلزال كانسو بالصين عام ١٩٢٠ حيث أدت إلى سقوط التدفقات والانهيارات بأحجام كتل كبيرة أدت إلى مصرع ما يزيد عن ١٨٠,٠٠٠ شخص .

كذلك من أشد أنواع هذا التدهور تدميراً وقوة والذى كثيراً ما يحدث تحت سطح الماء وعند الشواطىء والمناطق الساحلية كما حدث على سبيل المثال خلال زلزال آلاسكا عام ١٩٦٤ عندما جرف هذا الانهيار الأرضى تجهيزات الموانى فى مناطق سيوارد ووايتر وفالدز حتى أن قوة هذه الانهيارات تسببت فى حدوث موجات بحرية تسونامية واسعة النطاق امتدت عبر المنطقة الساحلية والحقت المزيد من الدمار والخسائر فى الأرواح .

وقد يحدث أن تتعرض التربة التى تحمل بعض المبانى أو المنشآت لظاهرة السيولة مما قد يعرض هذه المنشآت للتدهور والهبوط أو الميل إذ أن هذه التربة السائلة تشوه التركيبة العامة للطبقة التى تحت سطح الأرض وبالتالى تسببت فى انخفاض قوة تحميل هذه الطبقة مما يترتب عليه حدوث ذلك الهبوط الأرضى للطبقة التى تحمل المبانى ، ومن أوضح الأمثلة بالنسبة لهذا النوع من التدهور الأرضى ذلك المشهد المثير الذى حدث خلال زلزال نيجاتا باليابان فى ١٦ نوفمبر من عام ١٩٦٤ حيث مالت عدة مبانى سكنية ذات الأربعة طوابق حتى بلغ هذا الميل ما يقرب من ٦٠ درجة فى بعض الحالات ومن العجيب أن معظم هذه المبانى قد أعيدت إلى وضعها المستقيم مرة أخرى وزودت بالدعائم والأوتاد اللازمة ثم أعيد استخدامها للسكن مرة أخرى .



(انهيار التربة تحت
أحد المنازل من فلوريدا)

الانهيـــار الأرضـــى

هناك بعض الانهيارات الأرضية الغير ناتجة عن السيولة فى التربة ، ولكنها عادة ما تكون عبارة عن انهيارات سريعة للطبقات العليا وقد تصطحب معها الطبقة التى تحتها ، أما إذا اقتصر الانهيار على الطبقة العليا فقط فإنه فى هذه الحالة يسمى انهيار الحطام .

وهناك نوعان للانهيار الأرضى الأول يسمى انهيار الصخور بينما الثانى يسمى السقوط المفاجىء .

وانهيار الصخور قد يحدث عند تحطم كتلة من طبقة صخرية وأثناء سقوطها تتحول إلى شظايا صخرية عديدة ، وهذا النوع من الانهيار يسلك نفس مسلك التدهور السائل حيث ينتشر فى الوادى الأسفل بل إنه قد يصعد أيضاً لمسافات معينة نحو أعلى الهضبة المقابلة للوادى ، وهذا النوع من الانهيار عادة ما يكون ضخماً ومدمراً نظراً لسقوط ملايين الأطنان من كتل الصخور المحطمة ويكثر حدوث مثل هذا النوع من الانهيارات الأرضية فى حالة وجود طبقات أرضية ضعيفة أو عند وجود شقوق موازية لأحد المنحدرات وخصوصاً إذا تعرض هذا المنحدر لجرف نهرى أو جليدى أو عند القيام بالحفر لأعمال الإنشاءات .

أما الانهيار الأرضى من خلال السقوط المفاجىء ، فعادة ما يحدث هذا

النوع عند وقوع كتلة صخرية شديدة التماسك فوق بعض الصخور الضعيفة مما يؤدى إلى تفتت هذه الصخور الضعيفة وانزلاقها ثم انهيارها فى تراكم أسفل الجبل أو المنحدر مما يتسبب فى ميل الصخر المتماسك الذى يعلوها ، وهذا النوع ينتج عنه تكوين جروف صخرية جديدة على عكس النوع الأول من الانهيار الصخرى ، وقد يصل ارتفاع هذه الجروف إلى ارتفاعات شاهقة من الصخور المتراصة فوق بعضها البعض مما قد يمهد لحدوث سقوط مفاجىء آخر جديد أو الواقع أن هذا النوع من الانهيار الأرضى يأخذ شكل التتابع المستمر ، ويمكن مشاهدة العديد من الأجيال الأولى للسقوط الأرضى المفاجىء والتى تقبع معظمها أمام الجروف الصخرية الموجودة حالياً .

وتعتبر ولاية كاليفورنيا خير مثال على هذه الظاهرة ، فقد اعتاد سكان هذه الولاية على رؤية مثل هذا النوع من الانهيار الأرضى المتكرر فقد حدث ما يقرب من أربعة آلاف انهياراً أرضياً من هذا النوع على مدار العشر سنوات الأخيرة وفى منطقة حوض لوس انجلوس فقط مما ألحق بعض الأضرار بمنشآت هذه المدينة كذلك أدت الأمطار الغزيرة والفيضانات الشديدة إلى تدمير بعض جوانب التل الذى يطل على المدينة مما تسبب فى انطلاق عدد من الانهيارات الأرضية التى أثرت على منشآت مدينة لوس انجلوس فألحقت أضراراً بالغة لبعضها ودمرت البعض الآخر تماماً ، وقد استمرت عملية الانهيارات الأرضية وما يتلوها من خراب ودمار فترة تزيد عن العام مما دفع بالمسئولين فى المدينة والمقاطعة بالتصرف والبدء فى التعامل مع الأخطار الجيولوجية المترتبة على الزلازل بالنسبة للمناطق الجبلية أو التلال المجاورة للبحر حيث تم إعداد تشريع لمواجهة مثل هذا النوع من الانهيارات الأرضية ، ويقضى التشريع بضرورة وجود أحد الجيولوجيين المختصين وتكون مهمته التأكد من سلامة مناطق بناء المجتمعات العمرانية الجديدة من حيث احتمالات الانهيارات الأرضية ، ولكن ـ ولسوء الحظ ـ تم التحايل على تنفيذ هذا القانون ، ومازالت المساكن تشيد على جوانب الجبل فى لوس انجلوس ثم ما تلبث أن تنهار ليستقر حطامها أسفل الجبل أو فى المحيط .



(انهيار صخرى جليدى فى الاسكا عام ١٩٦٤)

ومن الأمثلة المثيرة لظاهرة الانهيار المفاجىء ذلك المشهد الذى حدث خلال زلزال بيروقيان فى ٣١ من مايو عام ١٩٧٠ والذى بلغت شدته حوالى ٧,٧ درجة وأودى بحياة ما يقرب من ١٨٥ ألف شخص وقد بدأ المشهد بانزلاق كتلة ضخمة من الجليد والصخور وقد بلغ طول هذه الكتلة حوالى ١,٥ كيلو متر وعرضها ما يقرب من ٩١٥ متراً ، وسرعان ما اندفعت هذه الكتلة البالغة الضخامة خلال أحد المنحدرات وأحدثت ضجيجاً صَمَّ آذان الناس ، وصاحبها فى اندفاع ريح عاتية شديدة ، وأثناء انحدارها انصهر جزء من الجليد بفعل حرارة الاحتكاك مما جعل المنحدرات أكثر انزلاقاً ، وقد ذكرت بعض التقارير أن هذه الكتلة الضخمة استطاعت وفى خلال ٤ دقائق فقط أن تقطع مسافة ١٥ كيلومتراً فى اتجاه مدينة يانجاى ، وكانت خلال رحلتها المثيرة تقذف بالآلاف من الكتل الصخرية الكبيرة التى وصل وزن بعضها إلى أكثر من ثلاثة أطنان ، وقد استطاعت هذه القذائف الصخرية أيضاً أن تسير مسافة تزيد على ٦٠٠ متر عبر الوادى مما يدل على أن سرعة هذه الانهيارات قد بلغت ما يزيد عن ٢٥٠ كيلومتراً فى الساعة ، وقد ساعد حجم هذه الكتل الكبيرة بالإضافة إلى سرعتها المندفعة فى أن تنجح فى تخطى كل ما يصادفها من عقبات أو عوائق مختلفة بما فى ذلك السلسلة الجبلية الممتدة بين السهل ومدينة يانجاى بطول حوالى ٣٦٠ متراً وقد دفنت هذه السلسلة الجبلية تماماً تحت هذه الكتل المنهارة ، وقد أخذت تتوالى الانهيارات عبر الوادى وتتراكم حتى وصل ارتفاعها فى الجهة المقابلة للوادى لما يقرب من ٥٤ متراً كما تسببت فى تدمير إحدى القرى جزئياً .

ومن الأمثلة الأخرى للانهيار الأرضى وإن كان أقل إثارة مما سبق ذلك الانهيار الذى حدث فى عام ١٩٥٩ أثناء زلزال بحيرة هيجين فى مونتانا الذى تسبب فى مصرع حوالى ٢٦ قتيلاً ، حيث تحركت الكتل المنزلقة واتجهت من الشمال إلى الجنوب وأحدثت خدوشاً واضحة بمنحدر الجبل ثم اندفعت هذه الانهيارات نحو أعلى التل فى الجانب الجنوبى من الواد وسدت نهر ماديسون مُشكِّلة بحيرة واسعة .

أما فى ولاية يوتا فقد حدث فى ربيع ١٩٨٣ أن أدت بعض الانهيارات الأرضية إلى دفن طريق عام وطريق للسكك الحديدية عند مرتفعات واساتش بالولاية ، وقد أدى هذا الانهيار إلى تكوين بحيرة ضخمة مما عرض سكان هذه المنطقة لخطر الفيضان ، وأدى إلى تهجير ما يقرب من ٥٠٠ مواطن بعيداً عن هذه المنطقة .

كما أدى زلزال آلاسكا فى عام ١٩٥٨ إلى حدوث انزلاق أرضى ضخم الذى سرعان ما سقط فى مياه خليج ليتويا مما أدى إلى تكوين موجة بحرية عالية وصل ارتفاعها إلى حوالى ٥٢٥ متراً فوق جوانب الجبال ، فتطايرت الأشجار وأغرقت المياه كل شواطىء هذا الخليج .

تساقط الصخور

وهو تساقط المواد بسرعة الجاذبية الأرضية عند واجهة قائمة لأحد الجبال وتسمى هذه الظاهرة بالتساقط الصخرى أو تساقط التربة .

والتساقط الصخرى يمكن أن يتراوح من حيث حجم الكتل المنفصلة والمتساقطة عند منحدر الجبل إلى أحجام كتل قد تزيد عن مئات الألوف من الأطنان التى تنهار وتسقط مباشرة أسفل واجهة الجبل ، وتستقر هذه الكتل المنفصلة بصفة عامة فى شكل كومة مفككة من الكتل الصخرية الحادة الزوايا عن سفح الجرف ، أما إذا سقطت الكتل الكبيرة فى سطح مائى راكد فإنها تؤدى إلى تكوين أمواج هائلة مدمرة تبدأ فى التحرك بدون سابق إنذار وهذا الفرع من المخاطر الطبيعية يهدد النرويج بصفة خاصة حيث يمثل تشكيل

مجموعات الدلتا الصغيرة هناك كتلة اليابسة الوحيدة المسطحة فى مستوى البحر ، لذا فإن مثل هذا التساقط الصخرى يمكن أن يؤدى إلى اندفاع الأمواج خلال شوارع ومنازل القرى النرويجية ، وقد يتسبب فى دمار يمكن أن يكون شاملاً ومفاجئاً من خلال تلك الموجات التى قد يتراوح ارتفاعها ما بين ٦ إلى ٩٠ متراً .

ومن أغرب الأمثلة التى سجلت بالنسبة لظاهرة تساقط الصخور وأشدها وقعاً هو ما حدث فى عام ١٨٩٣ فى جوهنا بالهند حيث تخلخلت كتلة هائلة من الصخور بفعل الأمطار الموسمية الغزيرة ، ثم سقطت هذه الكتلة الصخرية من ارتفاع ١٢٠٠ متر فى اتجاه أحد الوديان الضيقة فى جبال الهيمالايا وقد تسبب هذا التساقط الصخرى الضخم فى تكوين سد طبيعى امتد إلى حوالى ٣,٤٠٠ كيلومتر وبارتفاع ٢٧٥ متراً وعرض ٩٠٠ متر ، وقد أدى تكوين هذا السد الطبيعى إلى ردم بحيرة ذات عمق يبلغ ٢٣٥ متراً بهذه الكتل التى بلغ حجمها ما يقرب من ٣ بليون متر مكعب ، إلا أن هذا السد الطبيعى انفجر بعد عامين من تكوينه وسجل رقماً قياسياً عالمياً فى القدرة على تفريغ ما يقرب من ٢٨٠ مليون متر مكعب من الماء خلال بضع ساعات معدودة حيث وصل فيضان الماء إلى ارتفاع بلغ ٧٣ متراً تقريباً .

ومن أشهر أمثلة تساقط الصخور فى أمريكا الشمالية ذلك الذى حدث فى ألبرتا بكندا عام ١٩٠٣ ، عندما سقطت كتلة من الحجر الجيرى الشديد التماسك من قمة جبل ترتل وذلك من جراء أعمال التنقيب التى كانت تتم عند سفح الجبل فى ذلك الوقت للبحث عن الفحم ، وكان من نتيجة ذلك أن تساقطت كمية تصل إلى حوالى ٣ مليون متر مكعب وتناثرت من خلال موجة واحدة فقط جبارة فوق مدينة فرانك تلك المدينة الصغيرة التى تتميز بمناجم الفحم وتسببت فى مقتل حولى ٧٠ شخص .

الانهيالات الأرضية

تسببت الزلازل فى إحداث مجموعة من الانهيالات التى قد تكون بالغة

الضرر فى بعض الأحيان ، ومن أضخم الانهيالات الأرضية التى سجلت فى العصر الحديث ، ذلك الانهيال الذى حدث عقب انفجار بركان سانت هيلين فى عام ١٩٨٠ حيث تحرك حائط أرضى ضخم وانزلق تحت الجبل وأدى إلى امتلاء الوادى أسفل الجبل بالحطام والأنقاض فى مساحة امتدت بطول ٨ كيلومترات وعرض ٦ كيلومترات .

أما فى عام ١٩٨٥ فقد حدث انهيال حائط طينى من أحد جوانب بركان نيفادو ديل رويز واكتسح هذا الحائط مدينة أرميرو بكلومبيا وأدى إلى دفن ما يقرب من ٢٢ ألف شخص .

أما فى الصين فقد حدثت مجموعة من الانهيالات الأرضية الضخمة أثناء كارثة زلزال كانسو عام ١٩٢١ ، إذ ما أن بدأت الارتجافات تدوى فى المنطقة حتى انزلقت كتلة ضخمة من أحد التلال واندفعت هذه الكتلة نحو القرى المجاورة فدفنت بعضها بالكامل وجرفت البعض الآخر ، كما نجحت هذه الكتلة المدمرة فى القضاء على الأنهار الصغيرة وحولت السهول إلى بحيرات .

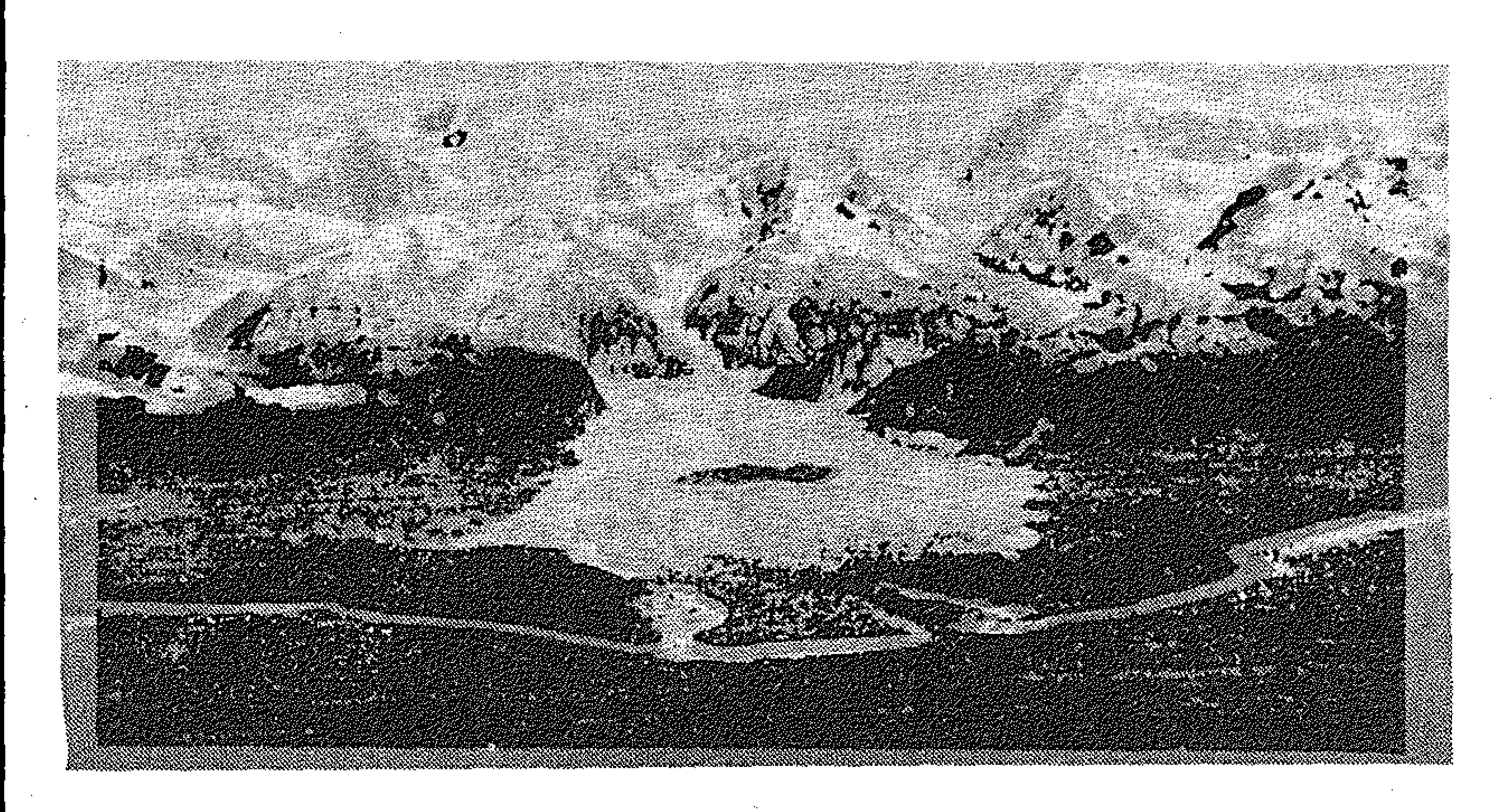
أما زلزال آلاسكا عام ١٩٦٤ فقد تسبب فى حدوث انزلاق وهبوط أرضى أدى إلى أكبر كارثة دمار للمنشآت التى شيدها الإنسان على مدى التاريخ ، فقد انسحبت كتلة الأرض التى تحمل مدينتى فالديز وسيوارد وهما مدينتان تطلان على البحر فانجرفتا نحو البحر وغرق ما يقرب من ٣١ شخصاً إلى جانب المنشآت التى انهارت بالكامل ، وفى مدينة انكوراج تسبب انهيال أرضى فى إحداث تدمير وأضرار بلغت قيمتها ما يقرب من ٥٠ مليون دولار حيث انجرفت مساحة من الأرض تبلغ حوالى ٢٠٠ فدان نحو المحيط ، وكان الدمار كاملاً إلى حد أن هذه المنطقة أزيلت بالكامل وحولت إلى منتزة أطلق عليه اسم منتزة الزلازل .

وخلال زلزال سان فيرناندو عام ١٩٧١ حدث أن انفصلت حوالى ١٠٠٠ كتلة أرضية منهالة وانتشرت فى مساحة جبلية بلغت حوالى ١٦٠ كيلو متراً مربعاً .

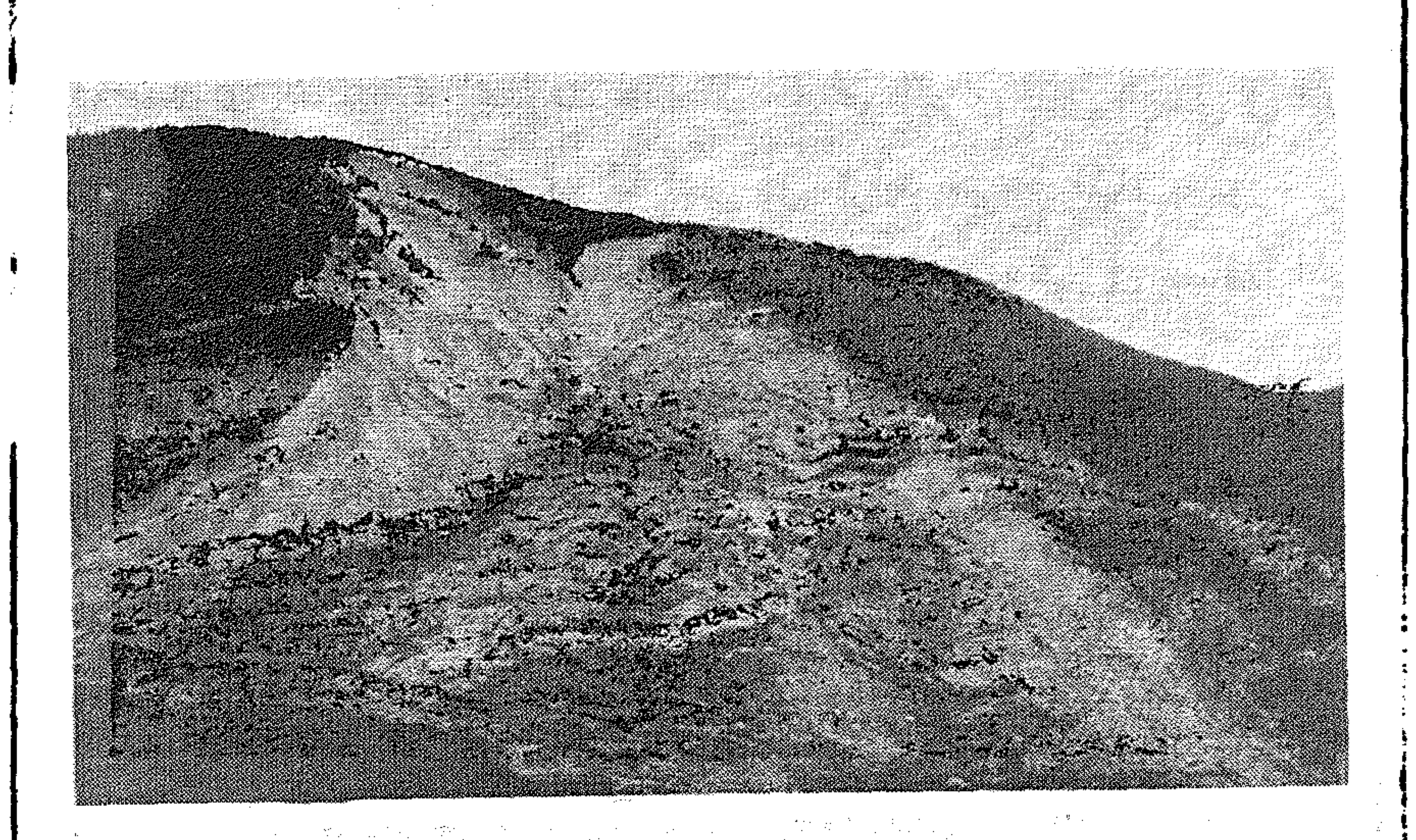
أما أسوأ كارثة تعرضت لها السدود على مدى التاريخ فكانت فى ليلة التاسع من أكتوبر عام ١٩٦٣ حيث اندفع سيل جارف من الماء والطين والصخور

فى انهيال أرضى ضخم واتجه نحو مجرى مائى ضيق ثم مرق هذا السيل عابراً نهر بياف ثم صعد منحدراً جبلياً فى الجانب المقابل ، واستطاع هذا الركب من الانهيالات خلال رحلته الرهيبة أن يدمر مدينة لونجارون بالكامل وأن يفتك بحياة ألفين من السكان ، ومن الغريب أن هذه الانهيالات الأرضية لم تكن نتيجة لحدوث زلزال ، أما الأغرب من ذلك أن سد فايونت ظل صامداً وسليماً ولم تصيبه أى أضرار بالرغم من كل الدمار الذى أحاط بالمنطقة ، وكان أحد جانبى هذا السد يرتكز على جبل « توك » وهو لقب أطلقه الأهالى على أحد الجبال هناك ويعنى الجبل الذى يسير ، وبالرغم من الضمانات التى قدمها المهندسون بالنسبة لإقامة هذا السد إلى جانب المجهودات المكثفة التى قاموا بها لتحقيق التوازن فى المنحدرات إلا أن الجبل فى هذه الليلة لم يمش فقط ولكنه أخذ يعدو مما أدى إلى انهيال وانزلاق ما يقرب من ٦٠٠ مليون طن من الكتل الصخرية وبسرعة نحو الخزان الجديد ، وكان الخزان فى ذلك الوقت قد امتلأ نصفه فقط بالماء ، وأدى هذا الانهيال الصخرى الضخم ألى رفع مستوى المياه مسافة ٢٤٥ متراً فوق مستوى المياه الأصلى ، وإذا بموجة بحرية واحدة بالغة الضخامة تعلو حتى بلغ ارتفاعها ما يقرب من ٩٠ متراً فوق مستوى السد ، ثم انحدرت هذه الموجة نحو المجرى المائى الضيق فى اندفاع سريع يحدها ضيق هذا المجرى مما أدى إلى تزايد سرعة المياه بصورة رهيبة وكانت الموجة الرهيبة تلتهم أطناناً من الطين والصخر وهى فى سياقها المحموم خلال هذه الرحلة المدمرة .





(انزلاق أرضى من خليج ليتويا ـ آلاسكا فى ٢٩ أغسطس ١٩٥٨)



(انهيار صخرى من وايومنج ـ ٢٣ يونيو ١٩٢٥)

أشهر الكوارث الزلزالية في العالم

زلزال ميناء رويال بجامايكا

٧ من يونيو عام ١٦٩٢

كان ميناء رويال يعتبر من المراكز التجارية النشطة للبريطانيين فى العالم الجديد ، كما كان هذا الميناء يعتبر من أكثر الموانىء الأمريكية حركة وحياة حيث امتلأت مخازنه ومتاجره بالبضائع كما اعتاد أن يجتمع هناك البحارة من ذوى الطباع السيئة بالإضافة إلى أن هذا الميناء اشتهر بأنه مأوى للقراصنة الذين يهاجمون السفن الأسبانية المحملة بالكنوز إلى جانب قيامهم بعمليات نهب داخل المدن .

وقبل حلول ظهر يوم ١٦٩٢/٥/٧ تعرضت هذه المدينة لثلاث هزات أرضية غير متتابعة ، وحدث أن ارتفعت الأرض ثم انخفضت فى تموجات ثم انشقت وابتلعت ما عليها من بشر وسحقتهم سحقاً وارتفعت فى الجو أصوات جلبة وصخب أعقبه انسحاب الجزء الجنوبى من أرض المدينة فى بطء وسرعان ما غرق فى البحر كما لحقت به جميع شواطىء المدينة المطلة على البحر ، واضطرب البحر وانقلبت السفن الراسية فى الميناء وشمل الدمار ثلثى المدينة واختفى ما يقرب من ألفى شخص كانوا يعيشون على ظهر هذه المدينة خلال تلك الكارثة .

وأعيد بناء المدينة مرة أخرى وأطلق عليها اسم كنجستون ولكن سوء الحظ عاودها مرة أخرى فى عام ١٩٠٧ حيث تعرضت للدمار من جراء الحرائق التى انتشرت بها فى أعقاب أحد الزلازل .

زلزال ليشبونة بالبرتغال

١ من نوفمبر عام ١٧٥٥

ليشبونه ميناء مزدحم يقع على شاطىء نهر تاجوس ويبلغ تعداد سكانه حوالى ٢٣٥ ألف نسمة ، وفى يوم ١٧٥٥/١١/١ شعر سكان هذه المدينة أن هناك هزات أرضية سريعة وقوية وبعد مرور دقيقة واحدة خفت سرعة الاهتزازات ولكن زادت قوتها ثم دوى صوت قوى صم الآذان ، وظهرت سحب الأتربة التى غطت سماء المدينة على أثر تصدع وانهيار المبانى فى المنطقة وخلال الدقيقة الثانية تغيرت حركة الزلزال واتخذت شكل ارتفاعات وانخفاضات عنيفة فى سطح الأرض وأتت على البقية الباقية من مبانى المدينة ، واندلعت النيران ونشرتها الرياح فى كل مكان وازداد تأججها حتى صارت كالجحيم الذى لم يهدأ إلا بعد أربعة أيام .

وبعد مضى عشرين دقيقة على هذا الزلزال ، اندلع زلزال آخر فى المدينة فهرع الناس إلى البحر ولكنهم فوجئوا بانهيار كتل الحجارة التى تكون جانب النهر لتجرف أمامها كل ما قابلها من البشر وتدفعه إلى أعماق النهر .

وتسبب الزلزال فى ارتفاع الأمواج حتى بلغت حوالى ٦ أمتار وأدى شدة اندفاعها إلى تحطيم القناطر والجسور التى تعترض طريقها بالإضافة لكل السفن التى أعاقت اندفاعها .

وقد أحس بهذا الزلزال كل سكان البرتغال وأسبانيا وبلاد أخرى بعيدة عن العالم مثل الولايات المتحدة الأمريكية .

وقد تسبب هذا الزلزال فى تغير مستويات ارتفاع بعض المناطق الواقعة على ساحل البرتغال ، كما امتد أثره ليشمل بعض مناطق من أوروبا .

وقد لوحظ وجود تغير فى حركة الأمواج داخل بعض البحيرات فى السويد واسكتلندا ، وقد ذكر أن القوارب التى كانت تقف عند مراسيها فى مدينة امستردام تعرضت للدمار التام ، كذلك ارتفعت مياه الآبار ، أما الينابيع فبعضها توقف تماماً عن دفق المياه بينما البعض الآخر بدأ يدفع بمياه ملوثة بالطين .

وبحلول عصر هذا ذلك اليوم المشئوم كان الزلزال قد وصل من خلال موجاته البحرية إلى شواطىء بريطانيا ، ومع صباح اليوم التالى كان قد وصل إلى جزر الهند الغربية وهى مجموعة جزر تقع بين أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وتفصل البحر الكاريبى عن المحيط الأطلنطى .

وربما يكون هذا الزلزال مسئولاً عن انفجار زلازل أخرى كرد فعل له وعلى بعد مئات الكيلومترات منه عند شمال أفريقيا .

وقد هدم هذا الزلزال مدينة ليشبونة ودمرها تماماً وقتل ما يقرب من ٦٠ ألف شخص من سكانها .

زلزال نيومدريد بولاية ميسورى
١٦ من ديسمبر عام ١٨١١

تقع مدينة نيومدريد فى الجزء الجنوبى الشرقى من ولاية ميسورى بالولايات المتحدة الأمريكية ، وفى يوم ١٨١١/١٢/١٦ سجل التاريخ واحداً من أكبر الزلازل التي اجتاحت الولايات المتحدة ، حيث أخذت الأرض تموج فى ارتفاع وانخفاض يدعو للدهشة ، كما اسودت السماء بلون الأتربة والغبار المتصاعد ، أما المبانى فقد انهار معظمها تقريباً فى تلك المدينة التي لا يزيد تعداد سكانها عن حوالى ألف نسمة .

وحتى الأشجار تساقطت وتداخلت فروعها ثم اندفعت إلى باطن الأرض وهي تقذف جذوعها وسيقانها ، وانشقت الأرض وأخذت تبتلع كل من يقترب منها أما ضفاف نهر المسيسبى فقد أصبحت لا حول لها ولا قوة بعد أن هاجت الأمواج وقلبت السفن وقذفت ببعضها نحو الشاطىء ، أما الأشجار فقد تساقطت وتحطمت ثم هوت إلى النهر .

ولحسن الحظ أن المدينة كانت شبه خالية من السكان فى ذلك الوقت وتشهد السجلات المدونة عبر التاريخ أن هذا الزلزال هو صاحب أعلى درجة قياس للشدة حيث سجل ١٢ درجة بمقياس ميركالى المعدل .

والواقع أنه حدثت ثلاث هزات بالغة الشدة ، إذ بعد انتهاء الهزة الأولى وما تلاها مباشرة من هزات خفيفة ، حدثت هزة أخرى فى ٢٣ من يناير عام ١٨١٢ وبعد أسبوعين من الهدوء الظاهرى حدثت هزة ثالثة مروعة فى يوم ٧ من فبراير .

وقد أحدثت هذه الهزات العنيفة تغيراً فى مسار نهر المسيسبى وانخفضت القشرة الأرضية مكونة بحيرتين هما بحيرة سانت فرانسيس وبحيرة ريل فوت .



(زلزال نيومدريد فى ١٨١١ يقتلع الأشجار)

... فوت بولاية ...

وقد امتدت هذه الهزة إلى عدة مناطق أخرى مثل شيكاغو وديترويت ، كما أيقظت سكان واشنطن بمقاطعة كولومبيا وتسببت فى انطلاق الأجراس فى مدينة بوسطن التى تبعد بحوالى ١٦٥٠ كيلومتراً .

وقد استمر إحساس الناس بالرجفات الأرضية الخفيفة التى تلى الزلزال فى المناطق القريبة من نيومدريد واستمر هذا الإحساس لمدة عامين .

زلزال آسام بالهند

١٢ من يونيو عام ١٨٩٧

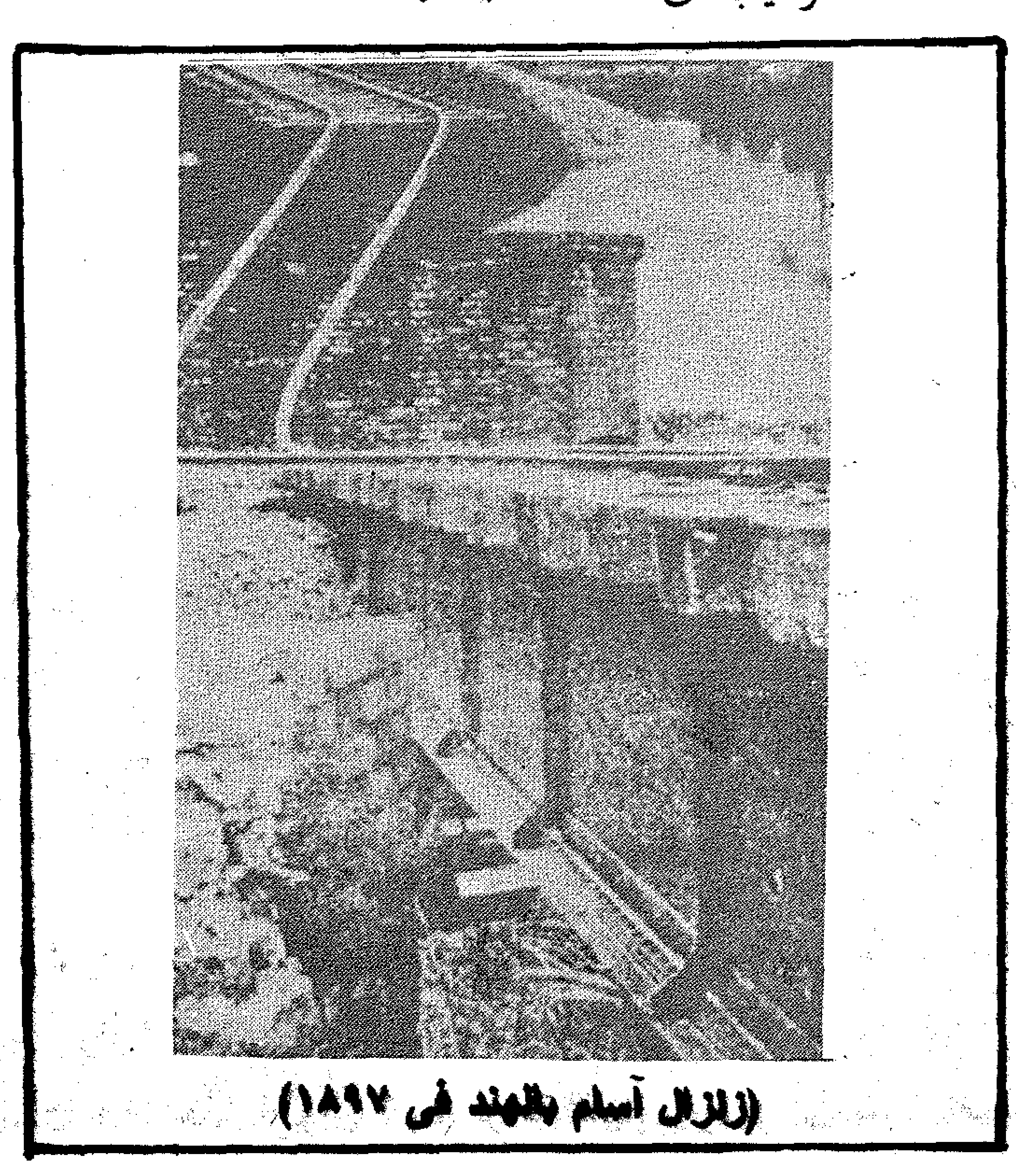
شهد إقليم آسام فى مرتفعات الهيمالايا بجنوب شرق الهند زلزالاً قوياً ربما يفوق فى شدته الزلزال الذى تعرضت له مدينة نيومدريد .

والهند اشتهرت بالزلازل الكبرى منها ذلك الزلزال البالغ الشدة الذى وقع فى ١١ من أكتوبر عام ١٨٩٧ وأودى بحياة الآلاف من البشر فى مدينة كالكوتا ، إلا أنه لم تتوافر معلومات كافية عن هذا الزلزال ، إذ يبدو أن الهنود لا يحتفظون بسجلات دقيقة للزلازل القديمة .

وقد ترك زلزال آسام آثاراً بالغة على تركيبات الأرض الواسعة فى أقليم آسام إذ تغير مستوى ارتفاع الأرض عبر مساحات واسعة من الأقليم حيث ارتفعت التلال التى تشمخ فى جنوب نهر البرهمابوترا إلى ارتفاع بلغ ١٢٠٠ متر وتطايرت فى الهواء الصخور والكتل الغير متماسكة تاركة فجوات عميقة ، وامتد نطاق الدمار الذى أحدثه الزلزال حتى شمل مساحة ١٥ ألف كيلومتر مربع كما امتد أيضاً نطاق الإحساس بالهزات حتى بلغ أضعاف ما وصل إليه زلزال ليشبونة أو نيومدريد .

وقد تكررت هذه المأساة الزلزالية فى ١٥ من أغسطس عام ١٩٥٠ عندما وقع أعنف زلزال سجلته منذ بدء استخدام الأجهزة الحديثة لقياس الزلازل حيث بلغت شدة هذا الزلزال ٨,٧ درجة بمقياس ريختر أى بقوة انفجار تعادل

١٠٠ ضعف لقوة قنبلة هيروشيما الذرية ، وقد أحال هذا الزلزال مساحة تقدر بحوالى ١٧ ألف كيلومتر مربع إلى منطقة من الجحيم الشامل ، ومن حسن الحظ أن هذه المنطقة لم تكن عامرة بالسكان إلا من بعض أفراد القبائل البدائية الذين يسكنون الجبال ، فانخفض بذلك عدد الضحايا ، وقد ذكر العلماء الذين كانوا يعملون على بعد ٤٠ كيلومتراً من مركز الزلزال أنهم شعروا بالزلزال يرسل الضربات البالغة القوة تحت أقدامهم محدثاً أصواتاً وجلبة عالية بدرجة لم تسمع من قبل ثم ضعفت هذه الأصوات وانتهت الهزة ، ولكن سرعان ما انشقت السماء عن انفجارات واضحة ومدوية بدت وكأنها أصوات قذائف تنطلق وتنفجر فى السماء ، وكانت هذه الأصوات بسبب الرجفات التى نتجت من انهيار الطبقات السفلى للأرض ، ومنذ ذلك الحين وهذه المنطقة آمنة ومطمئنة إذ أن العلماء ذكروا أن فترة الخطر قد مرت وأنهم لا يتوقعون تكرار مثل هذا الحادث الرهيب فى هذه المنطقة .



(زلزال آسام بالهند فى ١٨٩٧)

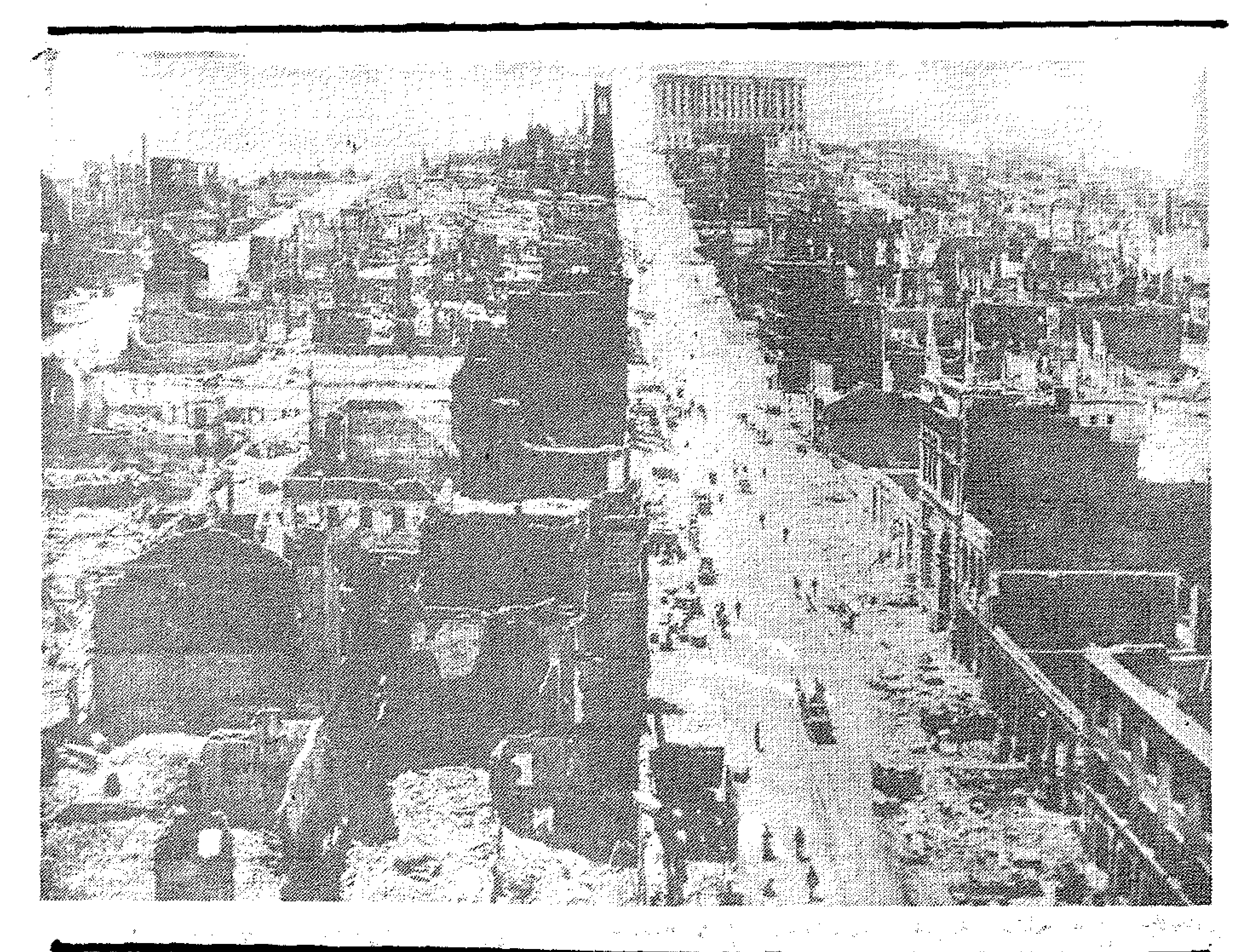
زلزالى سان فرانسيسكو بكاليفورنيا

١٨ من أبريل عام ١٩٠٦

١٧ من أكتوبر عام ١٩٨٩

تعتبر ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية من أشهر المناطق التى تعرضت للعديد من الزلازل المختلفة الشدة ، إلا أن معظم هذه الزلازل تقع — ولحسن الحظ — بعيداً عن المناطقة الآهلة بالسكان .

ففى عام ١٨٥٧ مثلاً وقع زلازل فورت تيجون بالقرب من مدينة لوس أنجلوس أما فى ٢٦ مارس فقد حدث زلزال آخر دمر قرية لون باين وهى جزء من قرية أوينز ، وقد راح ضحية هذا الزلزال مالا يقل عن ٣٠ قتيلاً انهارت عليهم أكواخهم الهشة ، ثم توالت الرجفات الخفيفة على هذه المنطقة على مدى ثلاثة أيام متصلة حتى بلغت أكثر من ١٠٠٠ رجفة زلزالية .



(شارع كاليفورنيا فى مدينة سان فرانسيسكو بعد الزلزال)

وقد شاركت ولاية كارولينا الأمريكية أيضاً فى أحداث الزلازل حيث تعرضت مدينة شارلستون . بجنوب الولاية لزلزال عنيف دمر معظم منشآتها وأودى بحياة حوالى ١٠٠ شخص ، وشعر بهذا الزلزال سكان بعض المناطق الأخرى البعيد مثل بوسطن وميلواكى ونيوادرليانز .

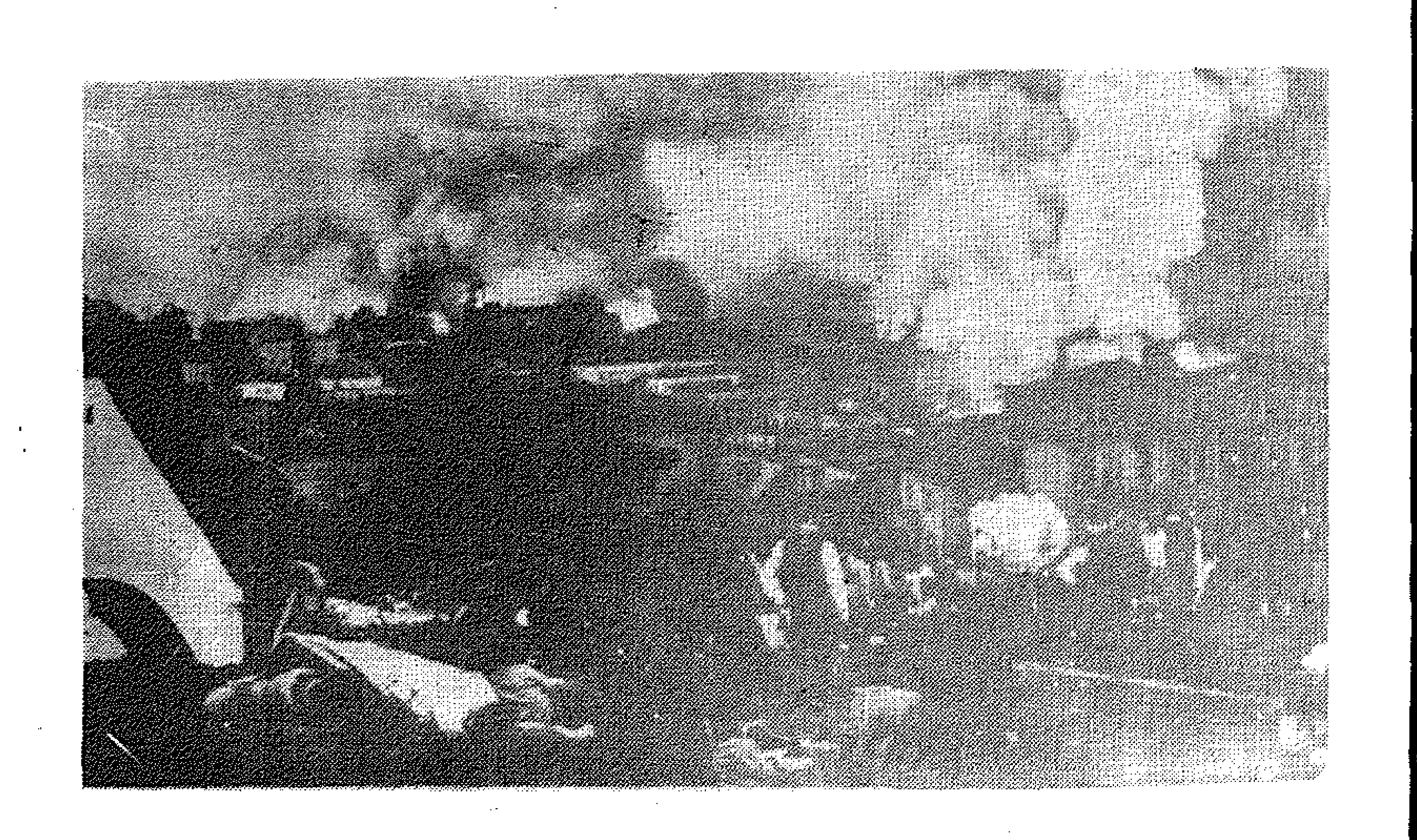
كما تعرض أيضاً خليج ياكوتات بآلاسكا فى العاشر من سبتمبر عام ١٨٩٩ لزلزالين شديدين بلغت قوة أحدهما ٨,٦ درجة وارتفع معها سطح الأرض مسافة ١٥ متراً إلى أعلى ، كما انحرف مجرى الأنهار الجليدية الضخمة وأخذت تدفع بكتل الثلوج الكبيرة الحجم نحو البحر .

أما مدينة سان فرانسيسكو التى كان يطلق عليها منذ بداية هذا القرن اسم عروس الغرب لكونها ميناء هاماً ومدينة كبرى بالغة التحضر فقد بلغ تعداد سكانها ما يقرب من نصف مليون شخص .

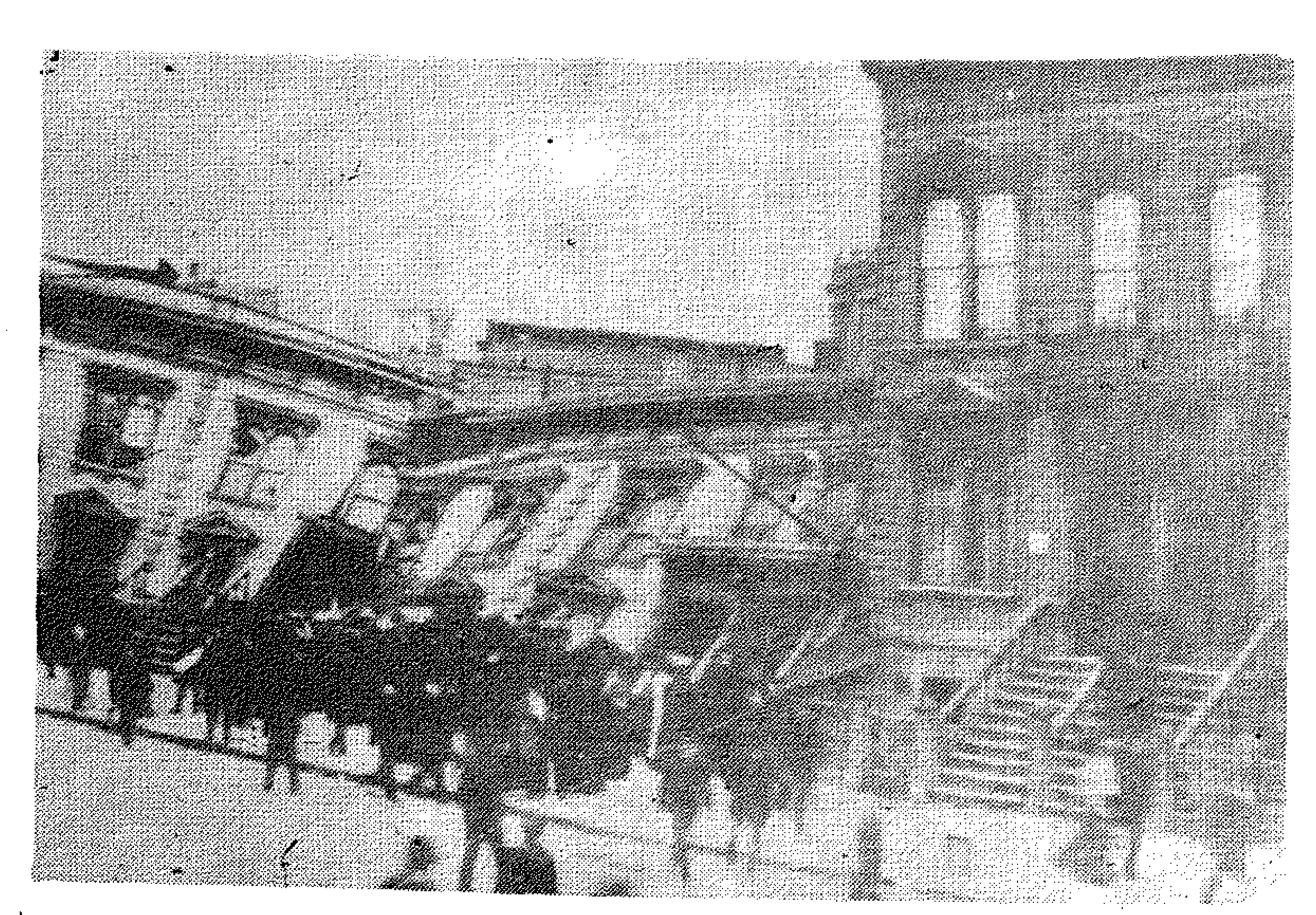
وفى الصباح المبكر من يوم ١٨ من أبريل عام ١٩٠٦ ، وكان معظم الناس مستغرقين فى النوم العميق ، حدث أن ارتجفت المدينة لمدة دقيقة واحدة ثم هدأت لمدة عشر ثوان ، وفجأة فى الساعة الخامسة واثنتا عشرة دقيقة من صباح ذلك اليوم المشئوم وقع زلزال مدمر بلغت شدته ٧,٩ درجة .

واستمر هذا الزلزال المروع لمدة ثلاثة دقائق تحولت خلالها شوارع المدينة إلى ما يشبه أمواج البحر وهى تتلاطم مع بعضها البعض وتطاير الناس فى الهواء ليسقطوا بعد ذلك على الأرض بلا حراك ، وتعالت بالمدينة الأصوات المدوية والانفجارات ودكت الأرض دكاً ، وتردد أصوات انهيار الأبنية الحجرية وحوائط المنشآت ، وخلال لحظات قليلة معدودة كانت معظم منازل المدينة قد انهارت وامتلأ شارع ماركت الشهير بالحطام ، وتناثرت السيارات الضخمة وتطايرت على الطرق الرئيسية ، واكتظت الشوارع بأفواج البشر فى ملابس النوم .

واكتمل المشهد المأساوى بتحطم أنابيب توصيل الغاز واشتعال النيران على إثر انقلاب وتطاير المواقد ، وبدأت الكتل والألواح الخشبية تشتعل وتطلق ألسنة اللهب المتطايرة فى كل أنحاء المدينة ، وأصبحت المدينة كتلة من الجحيم الملتهب .



(زلزال سان فرانسيسكو بكاليفورنيا فى ١٨ ابريل ١٩٠٦)



(انهيار المبانى بعد زلزال سان فرانسيسكو)

أما الجزء التجارى فى المدينة فقد تضاعفت خسائره حيث انهارت جميع منشآته تقريباً ، وقد ساعد من انخفاض عدد الضحايا أن هذا الزلزال الشرس قد وقع قبل بدء ساعات العمل وخلو جميع الهيئات والمصالح وأيضاً الشوارع من الناس تقريباً .

أما الحى الصينى فى مدينة سان فرانسيسكو فقد تعرض لدمار شامل حيث انهارت جميع الأكواخ أو العشش الخشبية تقريباً مع أول رجفة للزلزال .

وقد هبطت الأرض بضعة سنتيمترات أسفل بعض المنشآت فأدى ذلك إلى سقوطها وتهدمها ، *أما تلك المنشآت التى تصادف* وإن نجت من الانهيار فإنها سرعان ما وقعت فى براثن الحرائق التى تلت الزلزال .

وقد تسبب الزلزال فى قطع خطوط المياه ، مما أعجز رجال المطافىء والأهالى عن القيام بعمليات الإطفاء ، ووقفوا جميعاً لا حول لهم ولا قوة وهم يشاهدون مدينتهم الجميلة تحترق أمام أعينهم وهم لا يملكون لها شيئاً .

وفى صباح اليوم التالى كانت النيران قد أتت على المدينة تماماً ، وقد استمرت محاولات السيطرة على النيران مدة ثلاثة أيام كاملة .

وقد ذكرت السجلات أن عدد ضحايا هذا الزلزال الرهيب بلغ حوالى ٨٠٠ شخص ، ولو أنه يعتقد الآن أن عدد القتلى لابد وأنه تراوح ما بين ، ٢ إلى ٣ آلاف شخص .

كذلك تشرد ما يقرب من ٣٠٠ ألف شخص بلا مأوى ، وقد قدرت الخسائر فى المنشآت بحوالى ٤٠٠ مليون دولار أمريكى إذ أن الزلزال قد دمر ما يقرب من ٧٥٪ من مساحة مدينة سان فرانسيسكو الرائعة .

كذلك امتدت الخسائر وشملت مناطق أخرى مثل مدينة سانت روزا التى تبعد حوالى ٨٣ كيلومتراً شمال سان فرانسيسكو حيث تعرضت للدمار الشامل .

هذا وقد وقعت أحداث ثانوية كبيرة أخرى فى هذه المنطقة ، حيث انهارت الكتل الجبلية فى بعض الأماكن بينما انهار جانب كامل من أحد التلال ،

أما فى منطقة فورتيوناسى الساحلية فقد انهار تل كامل فى البحر مكوناً لساناً جديداً امتد فى البحر .

كذلك تصدع الطريق الذى يربط بين محطة بوينت ديز وانفرينز ، وأدى هذا التشقق إلى انتزاع الأشجار من جذورها ، واندفعت الينابيع المائية فى أحياء عديدة كما اضطربت المياه فى قنوات الرى وحمامات السباحة والبرك على البعد وحتى مسافة ٤٠٠ كيلومتر من مدينة سان فرانسيسكو ، كذلك السفن التى كانت فى البحر وعلى بعد حوالى ٢٥٠ كيلومتراً لم تسلم من التعرض لهزة قوية واضحة .



(عـــروس الغـــرب بعـــد الدمـــار)


(عروس الغرب قبل الدمار)

أما فى يوم ١٧ من أكتوبر عام ١٩٨٩ ، فكانت مدينة سان فرانسيسكو تستعد للاحتفال بحدث يعتبر من أهم الأحداث الرياضية الأمريكية ، وهى مباراة نهائى بطولة أمريكا الشمالية فى لعبة البيسبول .

وأثناء المباراة ضرب الزلزال ضربته التى بلغت شدتها ٦,٩ درجة وبالطبع ألغيت المباراة وكان من حسن الحظ أن الجمهور لم يكن فى الطرقات وإلا لكان عدد الضحايا ارتفع عن ذلك الرقم الذى بلغ حوالى ٢٧١ وأكثر من ٦٠٠ جريح .

هذا وقد تعرضت مئات السيارات للسحق تحت الكتل الأسمنتية الناتجة من انهيار جسر باى بريدج . كما اهتزت المبانى بشدة . وقد حدثت هزتان أرضيتان بعد ذلك إلا أنهما كانا أقل قوة .

وبدت شوارع سان فرانسيسكو مخنوقة ، وارتفعت أعمدة الدخان هنا وهناك . وقد قدرت الخسائر لهذا الزلزال بما يعادل ١٠٥ بليون دولار ، وهو يعتبر ثالث أخطر زلزال تتعرض له الولايات المتحدة الأمريكية فى تاريخها حيث لم يتكرر مثله منذ زلزال آلاسكا سنة ١٩٦٤ الذى سجل ٩,٢ درجة .

وقد ذكرت التقارير أن نوعين من المبانى المشيدة فى مدن منطقة خليج سان فرانسيسكو والتى شيدت طبقاً للمقاييس التى وضعت فى أعقاب هزة سان فرناندو عام ١٩٧١ ، ربما تكون قد ساعدت على الإقلال من حجم الكارثة إذ لم تتعرض هذه المبانى لأضرار بالغة حيث مال بعضها أو تصدع البعض الآخر بالرغم من قوة الزلزال .

كذلك ذكرت التقارير أن غياب نسمات الهواء عن المدينة فى ذلك الوقت وانخفاض سرعة الرياح عن معدلها الطبيعى فى هذا الوقت من السنة ربما كان أيضاً من العوامل التى ساعدت قلة حجم الأضرار بالمقارنة للزلزال السابق .

وقد ساعد الزلزال على ظهور نوع من التعاون بين طبقات الشعب المختلفة مع رجال البوليس والمطافىء ، أما الفنادق فقد استضافت الأفراد الذين أخليت مساكنهم ، كما قدمت المطاعم وجبات مجانية على الأرصفة كما خفضت بعض المحال أسعار بضائعها إلى النصف ، أما الذين أسعدهم الحظ بالنجاة فقد ارتدوا ملابس كتب عليها (لقد نجوت من زلزال ٨٩) .

زلزال هوانتوبلان باليابان

١ من سبتمبر سنة ١٩٢٣

أشرق صباح يوم السبت الأول من شهر سبتمبر على مدينة طوكيو ديوكوهاما مثله كمثل أى يوم آخر جميل فى هذا الوقت من عام ١٩٢٣ ولكن ما إن انتصف النهار بدقيقة واحدة حتى تعرضت منطقة كوانتوبلان فى قلب جزيرة هونشو فجأة إلى ثلاث هزات أرضية بلغت شدتها ٨,٣ درجة ، وتعتبر هذه الجزيرة من أكبر جزر اليابان .

وقد اتسع نطاق هذا الزلزال حتى شمل مساحة بطول ١٥٠ كيلومترا وعرض ٨ كيلومترات وكانت حركة الزلازل بطيئة فى البداية ولكنها سرعان ما استحالت إلى دوى هائل أخذ فى التزايد فى ظرف بضع ثوان معدودة

وتشققت الأرض فى مدينة كوانتوبلان شقوقاً كبيرة واضحة مما أحدث انهياراً كبيراً للصخور غير من شكل الأرض فى هذه المنطقة إلى الأبد .

وقد تسببت هذه الهزات الزلزالية الثلاث فى تدمير جميع مبانى مدينة يوكوهاما ، أما مدينة طوكيو فلم تكن أحسن حال منها إذ تعرض وسط المدينة للدمار الكامل .

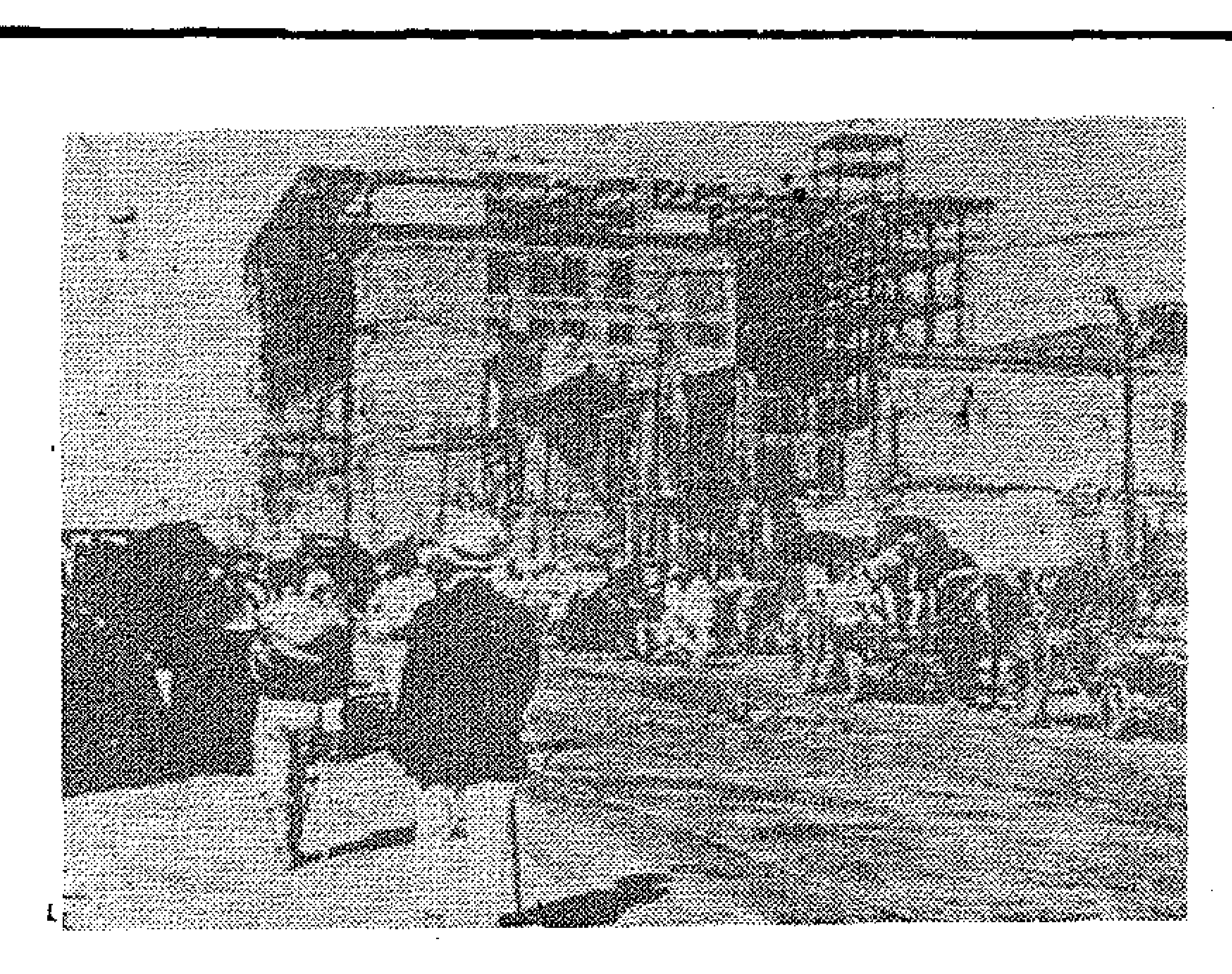
ومن سوء الحظ البالغ أن الزلزال وقع أثناء قيام سكان هاتين المدينتين بإعداد طعام الغذاء ، فاندفعت حبات الفحم المشتعل هنا وهناك وسرعان ما كانت المنازل اليابانية الصغيرة قد اشتعلت وحملتها الرياح فى دوامات شديدة حولت المنطقة إلى جحيم من السعير الشديد .

وفشلت كل الجهود فى السيطرة على الحرائق حيث انقطعت مصادر المياه وانقطع معها الأمل فى مواجهة النيران الملتهبة .

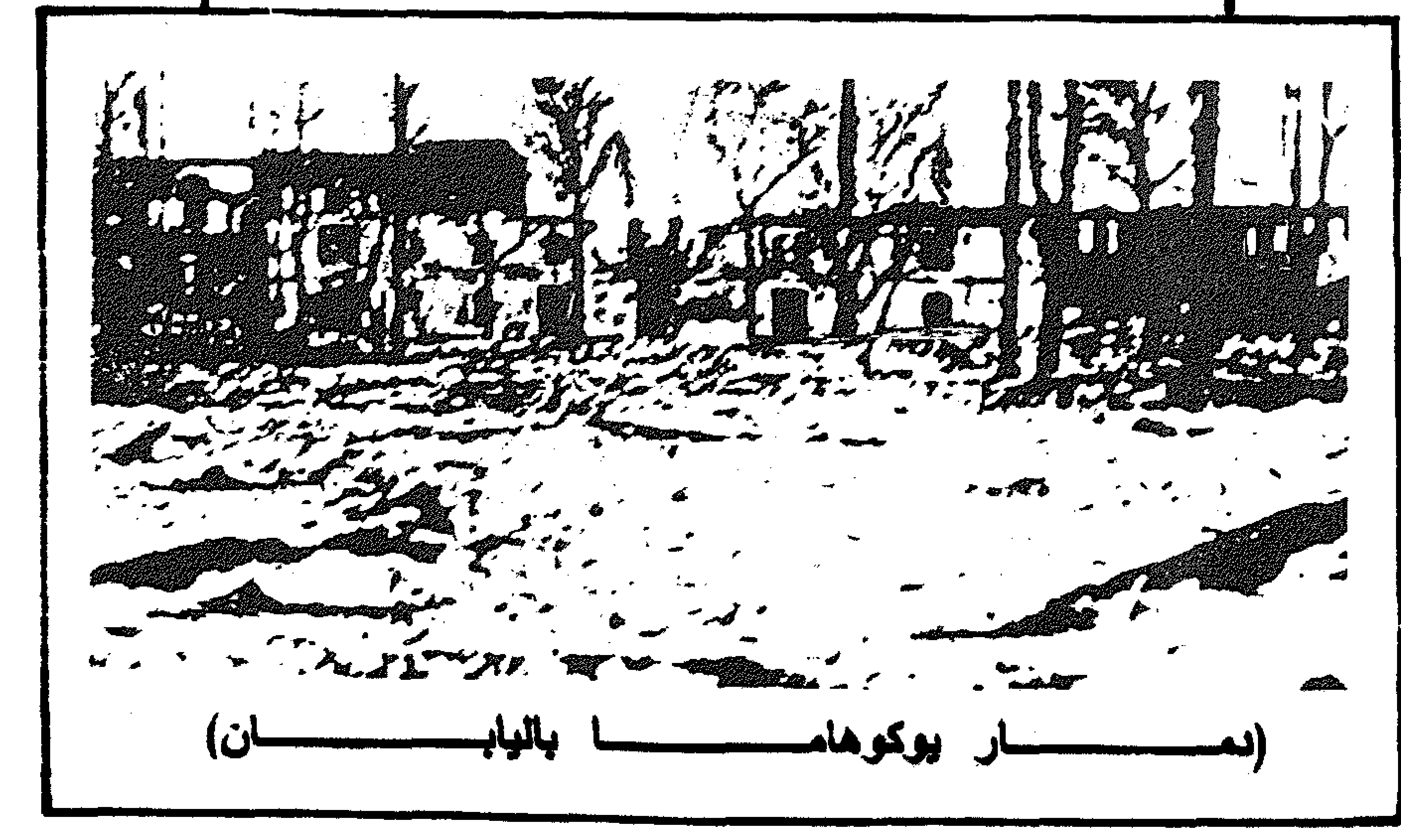
ويبدو أن الطبيعة وجدت أن مدينة طوكيو لم تنل حظاً كافياً من جراء خسائر الزلزال ، لذا فقد لاحقتها بأعصار شديد فى الساعة الرابعة من بعد ظهر نفس اليوم ، وقد بلغت سرعة هذا الأعصار ما يقرب من ٢٠٥ كيلومترات فى الساعة ، مما أدى إلى ارتفاع أعمدة الماء الملوث بالطين فى الهواء ، كما أخذ يقذف بالقوارب الصغيرة إلى الهواء .

ونظراً لاشتعال النار فى بعض أجزاء المدينة من جراء الزلزال ، فقد ساعد هذا الإعصار على نشر الحرائق وانتشارها بين الأخشاب والأثاث والملابس ، وأخذ يطيح بالأشياء لأعلى ، ثم يتركها تهوى على الأرض مرة أخرى ، وسرعان ما أحاطت بالمدينة البائسة عاصفة مدمرة من النيران المشتعلة أدت إلى مقتل ما يقرب من ٤٠ ألف شخص وتدمير كل متعلقاتهم ، واستمرت النيران مشتعلة يومين كاملين حتى أتت على كل شيء ودمرت ما يقرب من ٧٥٪ من منشآت مدينة طوكيو حيث تحولت أكثر من ٣٠٠ ألف منشأة إلى بقايا خربة متفحمة .

أما مدينة يوكوهاما فقد نالت نصيبها أيضاً من دوامات الرياح التى طافت بألسنة اللهب عبر أرجاء المدينة لتحرق ما يقرب من ٦٠ ألف منشأة وقد أسفر هذا الزلزال عن خسائر فادحة فى الممتلكات بلغت حوالى ٣ بليون دولار كما شرد أكثر من مليون شخص بدون مأوى ، كما أودى بحياة ما يزيد على ١٤٠ ألف يابانى ، أى ما يعادل تقريباً مجموع ما فقدته اليابان من ضحايا خلال غارات الحرب العالمية الثانية على اليابان بالإضافة إلى ضحايا قنبلتى هيروشيما وناجازاكى .



(تدمير مدينة طوكيو عام ١٩٢٣)



(دمار يوكوهاما باليابان)

زلزال أنشوراج بآلاسكا

٢٧ من مارس ١٩٦٤

يعتبر يوم الجمعة ٢٧ من مارس عام ١٩٦٤ يوماً حزيناً فى تاريخ منطقة أنشوراج بآلاسكا . فقد اجتاحها زلزال قوى دمرها هى وغيرها من الموانىء البحرية فى كارثة زلزالية تعتبر من أقوى الزلازل التى تم رصدها فى قارة أمريكا الشمالية ، وقد بدأ هذا الزلزال دون أى سابق إنذار فى الساعة الخامسة وست وثلاثين دقيقة من مساء ذلك اليوم الكئيب وبدأ يضرب ضربته بقوة ٨,٥ درجة ثم اشتدت قوته حتى وصلت إلى ٩,٢ درجة ، وقد أخذت الأرض تتمايل وتترنح مدة ٣ إلى ٤ دقائق وهى تحدث أصواتاً مدوية ، فارتجت المبانى وانفصل رصيف الميناء ، كما انهار جانب من شارع فورت بما يحمل من صفوف المبانى المتراصة ودفن ما به من مكاتب ومقاهى وسيارات .

وقد تسبب هذا الزلزال المدمر فى حدوث سلسلة من الانهيارات الأرضية أدت إلى انهيار ٣٠ صفاً كاملاً من المبانى عندما انزلقت الطبقة السفلية من سطح الأرض وهوت إلى البحر .

أما فى المناطق البعيدة فقد حدثت مجموعة من التشققات الضخمة والتشوهات فى القشرة الأرضية التى لا نظير لها من قبل . وقد اتسع نطاق الدمار حتى شمل مساحة ٨٠ كيلومتراً مربعاً .

وقد أمكن الإحساس برجفات هذا الزلزال فى نطاق نصف مليون كيلومتر مربع و كان مركز الزلزال السطحى يقع أسفل منطقة برنيس دليام ساوند التى تبعد حوالى ١٠٨ كيلومترات وقد تفجرت القشرة الأرضية فى شقوق بامتداد بلغ حوالى ٨٠٠ كيلومتر بمحاذاة خندق الوثيان ، كما ارتفع قاع البحر فى هذه المنطقة بما يساوى حوالى ٣ أمتار ، بينما وصل التغير فى البعد الرأسى إلى حوالى ٩ أمتار مما تسبب فى تكوين الموجات التسونامية التى هاجمت شواطىء شبه جزيرة كيناى وجزيرة كودياك ، وقد تصادف أنه كان يجرى فى وقت وقوع الزلزال تفريغ شحنات إحدى السفن ، وإذا بهذه السفينة



(الخراب ينتشر فى كل مكان بعد زلزال الاسكا)
فى ٢٧ مارس عام ١٩٦٤



(بعد الزلزال فى أنشوراج عام ١٩٦٤)

البائسة ترتفع لأعلى ثم تهوى لمسافة ٩ أمتار كما لو كانت قطعة من الفلين ، ولكن من الغريب حقاً أن هذه السفينة لم تصب بأذى شديد حيث أنها أبحرت بعد ذلك الحادث .

أما فى ميناء سيوارد فقد حدث انهيار ملحوظ من جراء انزلاق أطنان الكتل الصخرية من شاطئه ، وسرعان ما اشتعلت مستودعات البترول الواحدة تلو الأخرى فى تسلسل انفجارى مروع ورهيب اسودت على أثره السماء من أثر الدخان الكثيف الذى تصاعد .

أما خليج ريسوريكشن فقد تعرض لاضطرابات هائلة فى مياهه التى كانت ترتطم بشدة فى جانب الخليج ثم ترتد مرة أخرى إلى الجانب الآخر من هذا الخليج .

وما أن مرت ٣٠ دقيقة على الهزة الأولى للزلزال حتى كانت أمواج التسونامى قد ارتفعت حتى بلغت ٩ أمتار وامتدت حتى وصلت إلى خزانات البترول المشتعلة مجتازة بذلك كل أنحاء المنطقة التى كانت تعتبر الدرع الخافى لميناء سيوارد ثم أعقبت هذه الموجة ثلاث موجات أخرى نجحت فى أن تمسح كل ما هو متحرك على سطح الأرض وتلقى به إلى البحر .

كذلك عانت مدينة كورياك من جراء موجات التسونامى .

ومن الغريب أن مدينة أنشوراج لم تتعرض لهذه الموجات بالرغم من الخسائر الفادحة التى لحقت بها من جراء الزلزال المدمر الذى تسبب فى مقتل حوالى ١٣١ شخصاً إلى جانب حجم الخسائر التى قدرت بما يزيد عن نصف مليون دولار وأدت إلى شل اقتصاد آلاسكا لفترة طويلة .



زلزال أمريكا اللاتينية

من عام ١٩٧٢ وحتى عام ١٩٦٠

يمثل التكوين الجبلى الذى يمتد بطول الشاطىء الغربى لأمريكا الوسطى وأمريكا اللاتينية منطقة من أبرز المناطق الزلزالية فى العالم ، فعلى مدار هذا القرن وقع بأمريكا الوسطى والجنوبية مالا يقل عن ٢٤ زلزالاً بقوة ٧,٥ درجة أو أشد ، وخلال العقد الأخير تعرضت أمريكا الوسطى لزلزالين مدمرين .

أحدهما تعرضت له مدينة ماناجوا فى نيكاراجوا فى عام ١٩٧٢ وبلغت شدة هذا الزلزال ٦,٢ درجة ، وقد أودى هذا الزلزال بحياة ١٠ آلاف شخص كما دمر ٣٦ مجموعة من مجموعات المبانى فى المدينة .

أما الزلزال الثانى فقد أطاح بمدينة جواتيمالا فى عام ١٩٧٦ وقد بلغت شدته ٧,٥ درجة وقد تسبب فى مصرع ٢٣ ألف شخص كما أصاب حوالى ٧٧ ألف شخص آخرين بإصابات مختلفة وشرد ما يقرب من المليون من البشر ، وقد بلغ إجمالى خسائر هذا الزلزال المادية حوالى ٢ بليون دولار .

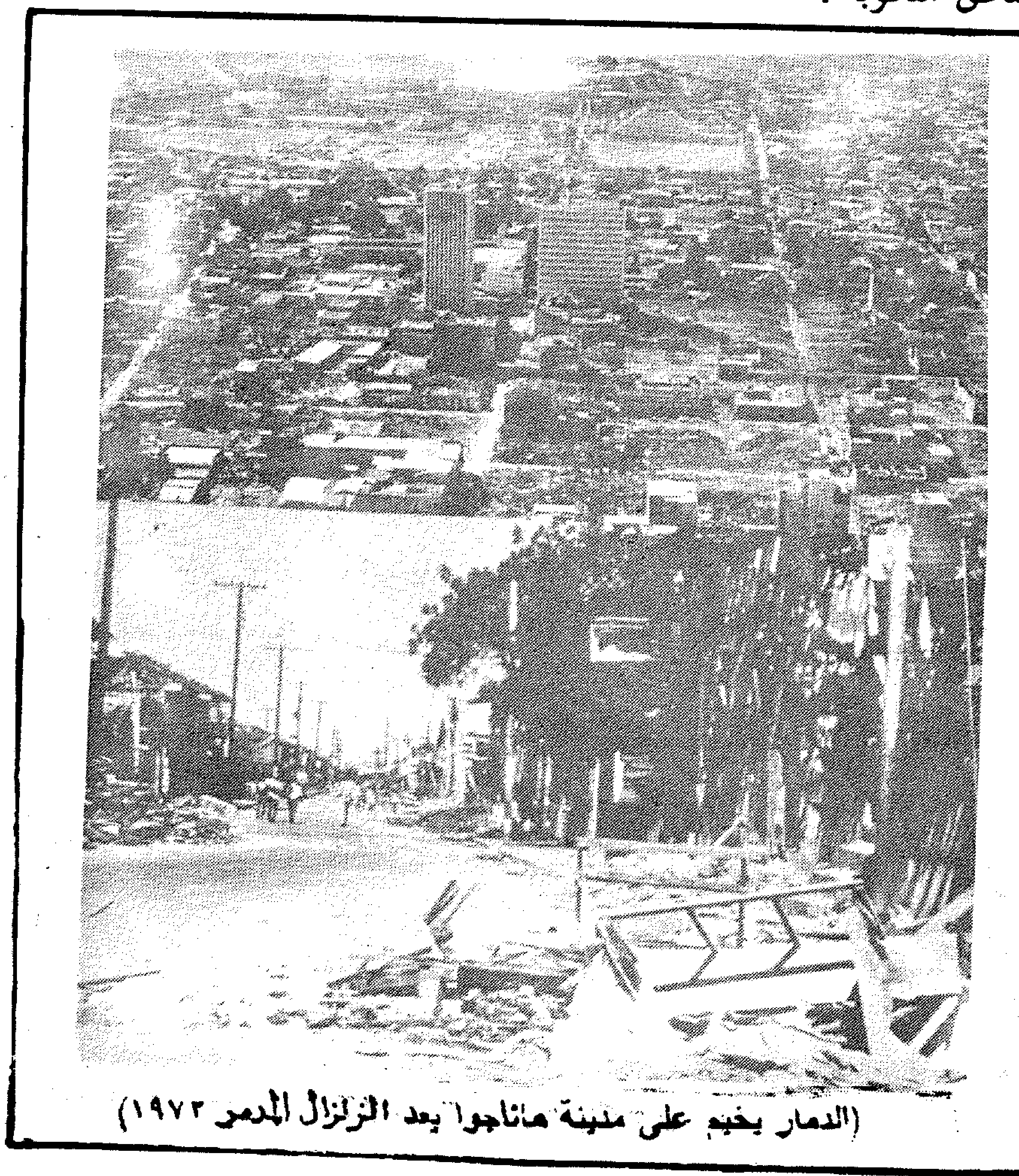
كما يمتد هذا التكوين الجبلى حتى منتصف سلسلة جبال الأنديز حيث نالت تشيلى أيضاً نصيباً وافراً من هذه الزلازل ، حيث تعرضت فى عام ١٧٣٠ ثم فى عام ١٧٥١ لزلازل عديدة كما تعرضت أيضاً فى عام ١٧٩٧ لزلزال فى ريو كامبا كانت هزاته الأرضية التى تم رصدها بالغة الإثارة .

كذلك وقع زلزال فى عام ١٨٣٥ هى مدينة فالديفيا ومدينة كونسبشون التى تعرضت للدمار ست مرات متوالية .

أما أشد الزلازل التى وقعت فى هذه المنطقة فكان زلزالاً شدته ٩,٥ درجة تعرضت له مدينة فالديفيا ومدينة بيرتومونت فى ٢٢ مايو عام ١٩٦٠ ، وقد دمر الزلزال المدينتين إلى جانب بعض الموانىء الأخرى ، كما تكونت الأمواج الزلزالين التسونامين وهاجمت المناطق الساحلية ، كما أتت الانهيارات الأرضية على المناطق الريفية كذلك تسبب هذا الزلزال فى يقظة اثنان من البراكين

وانفجارهما بعد طول خمود وسكون ، ونجح هذا الزلزال المدمر فى نشر مختلف أنواع الدمار فى منطقة مساحتها ١٥٠ ألف كيلومتر مربع وقد أسفر ذلك عن تدمير حوالى خمسين ألف منزل وبلغ عدد ضحاياه من البشر ما يزيد عن ٥٧٠٠ شخص .

وقد تعرضت هاواى والفلبين واليابان على امتداد المحيط الهادى لموجات البحر التسونامية التى تراوح ارتفاعها ما بين ٤ إلى ١١ متراً ، وقد أودت هذه الموجات البالغة العنف بحياة الكثيرين كما نشرت دماراً واسعاً فى هذه المناطق النكوبة .



(الدمار يخيم على مدينة هاناجوا بعد الزلزال المدمر ١٩٧٢)

زلزال تانجشان بالصين

عام ١٩٧٦

تعرض العالم بصفة عامة خلال عام ١٩٧٦ لما يقرب من خمسة عشر زلزالاً من أشد الزلازل قوة .

وتعتبر الصين صاحبة أعلى معدل لضحايا هذه الزلازل نظراً للكثافة السكانية العالية التى تشتهر بها الصين ؛ لذلك فإن الصين تعتبر أيضاً صاحبة ثانى أعلى معدل لضحايا الكوارث الزلزالية فى العالم عبر التاريخ الحديث ، إذ فى الفترة ما بين عام ١٩٢٠ وحتى عام ١٩٣٢ وقعت ثلاث كوارث زلزالية ضخمة فى مناطق التجمعات السكانية وقد أطاحت بأرواح ما يقرب من ٤٥٠ ألف نسمة .

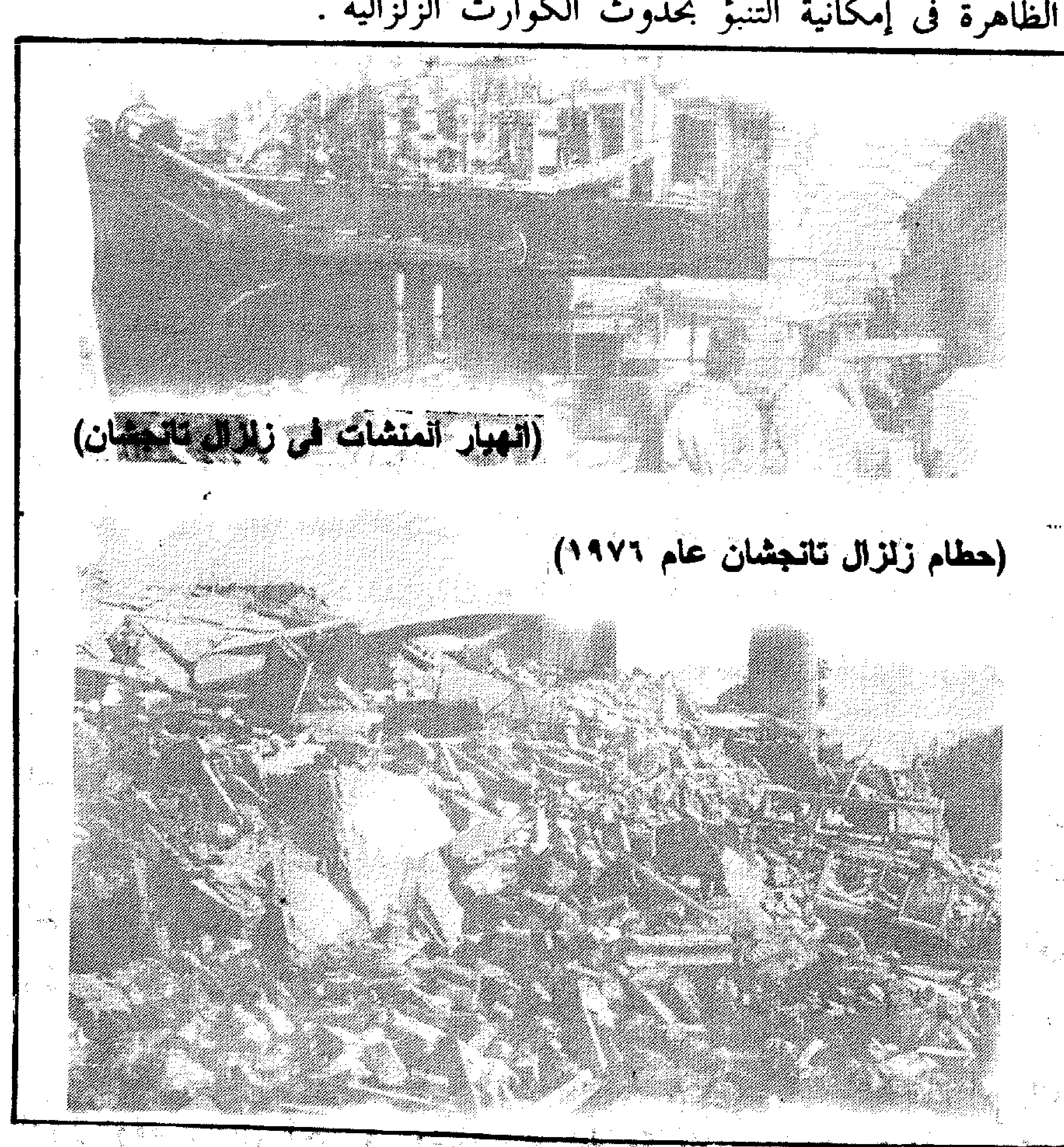
وكان علماء الزلازل فى الصين يفخرون دائماً بما توصلوا إليه من نتائج وتكهنات فى مجال الزلازل خصوصاً بالنسبة لبلد كثيرة التعرض للزلازل ، إلا أنهم للأسف أخفقوا فى التكهن بكارثة زلزال تانجشان .

وتانجشان مدينة تقع فى شمال شرق الصين وعلى بعد حوالى ١٨٢ كيلومتراً شرق بكين .

وقد نجح هذا الزلزال الرهيب فى خداع علماء الزلازل فى الصين بحيث لم يكن هناك ثم أى مؤشر يدل على قرب حدوث هذه الفاجعة المروعة وإلا لأمكنهم إنقاذ حياة نصف عدد السكان والبالغ ١,٢ من المليون والذين راحوا ضحية هذه الكارثة المدمرة .

وقد صاحب وقوع هذا الزلزال ظهور أضواء تعتبر من أكثر الأضواء التى صاحبت الزلازل إثارة ، حيث أضاءت هذه الأضواء سماء المنطقة المجاورة للزلازل كضوء النهار تماماً ، وقد شوهد ذلك المنظر على البعد وحتى مدينة بكين ، وقد غلبت على هذه الأضواء الألوان الحمراء والبيضاء ، وقد بلغت حداً عالياً فى درجة السطوع حتى أنها أيقظت النيام ، وقد شوهدت هذه الأضواء على بعد ٣٣٠ كيلومترات من مركز الزلزال .

وهناك عدة تفسيرات لهذه الظاهرة المخيفة والتى أدخلت الرعب فى قلوب مشاهديها ومن هذه التفسيرات أنه قد حدث نوع من الهروب أو الانطلاق للإجهاد المركب داخل الصخور وقد أحدث هذا الإجهاد نوعاً من الضغط على حبات الكوارتز داخل صخور القشرة الأرضية فتولد ذلك اللمعان فيما يعرف بظاهرة التأثير الكهربى الإجهادى ، وهناك تفسير آخر أن الذبذبات الشديدة التى تحدث فى المستويات المنخفضة من الهواء قد تنقل شحنة تتسبب فى حدوث اضطراباً كهربياً مؤقتاً فى الغلاف الجوى ، هذا إلى جانب العديد من التفسيرات الأخرى المختلفة ويسعى العلماء إلى معرفة المزيد عن تلك التوهجات المثيرة التى تظهر قبيل وقوع الاهتزازات الأرضية للاستعانة بهذه الظاهرة فى إمكانية التنبؤ بحدوث الكوارث الزلزالية .



(انهيار المنشآت فى زلزال تانجشان)

(حطام زلزال تانجشان عام ١٩٧٦)

زلزال مكسيكو سيتى بالمكسيك

١٩ من سبتمبر ١٩٨٥

تعتبر الاهتزازات الأرضية من الظواهر الطبيعية المألوفة تماماً فى المناطق الجنوبية لأمريكا الشمالية حتى أن سكان هذه المناطق لا يكترثون كثيراً بوقوع مثل هذه الهزات نظراً لكثرة ما يتعرضون لها ، ولهذا اعتادت مدينة مكسيكو سيتى وعلى مدى عشرات السنين على تكرار حدوث عمليات الهبوط الأرضى المصاحبة للاهتزازات الأرضية .

ولكن ما حدث يوم الخميس ١٩ من سبتمبر عام ١٩٨٥ كان مختلف تماما الاختلاف ، فقد وقع زلزال فى الساعة السابعة وثمانى عشرة دقيقة صباحاً أطاح بكبرى مدن هذه المنطقة والتى يسكنها حوالى ١٨ مليون نسمة فى كارثة تعتبر من أسوأ الكوارث الزلزالية فى تاريخ المكسيك .

أما ذلك الزلزال الذى وقع على بعد حولاى ٣٦٥ كيلومتراً غرب العاصمة وبقوة بلغت ٨,١ درجة فكان أعمق هذه الزلازل أثراً على قارة أمريكا الشمالية ، وكان من العنف بحيث هز مبانى ولاية تكساس كما ارتجت المياه فى حمامات السباحة بكولورادو .

أما مبانى وسط مدينة مكسيكو سيتى فقد اهتزت بعنف شديد وأخذت تئن تحت وطأة الإجهاد الذى سببه الزلزال ، أما أعمدة الإنارة فقد تمايلت وأخذت تتراقص وكأنها قد صنعت من المطاط ، وتعرجت الشوارع وتمزقت أسلاك الكهرباء والتليفونات وتحطمت النوافذ الزجاجية ، وانهارت الكتل الخرسانية من المبانى ، واندفع الناس إلى خارج منازلهم وقد حل بهم الذعر واسودت السماء بسبب الدخان والأتربة وبعد ثلاث دقائق كان كل شيء قد انتهى واستقرت الأرض وانهار مالا يقل عن ٢٥٠ منشأة تساوت كلها بالأرض وقدر عدد الضحايا منذ بدء وقوع الزلزال بما يزيد عن ثلاثة آلاف قتيل .

ولكن هذا الهدوء النسبى لم يدم طويلاً ، إذ لم تمر ٣٦ ساعة على الزلزال الأول وقع زلزال آخر فى مساء يوم الجمعة بلغت شدته ٧,٦ درجة ،

واستكمل هذا الزلزال عملية الإطاحة بمدينة مكسيكو سيتى حيث أتى تماماً على عشرات المبانى التى كانت قد تصدعت من قبل فتوقفت عمليات التنقيب التى كانت تتم فى ذلك الوقت بحثاً عن جثث الضحايا وسط الأنقاض وقد تسببت هذه الفاجعة فى مصرع أكثر من ٩ آلاف شخص كما أصيب أكثر من ٣٠ ألف آخرين بالإضافة لتشريد ٩٥ ألف شخص .

وقد انهار نحو ٤٠٠ مبنى من جراء الهزتين الأرضيتين ، كما أصيب ما يقرب من ٧٠٠ منشأة أخرى بأضرار بالغة ، كما سويت أكثر من ٢٠٠ مدرسة بالأرض تماماً .

وترتب على هذا الدمار تعطيل أغلب الخطط الصناعية بالبلد وقد أعيد ترميم ما حدث من أضرار فى الأنفاق وخطوط السكك الحديدية والطرق العامة والموانى وقد تكلفت عمليات إعادة التعمير حوالى ٤ بليون دولار الأمر الذى شكل عبئاً مالياً كبيراً بالنسبة لبلد مثقل بالديون .



(الخراب يحيط بمدينة مكسيكو سيتى بعد زلزال ١٩٨٥)

تسلسل تاريخى للكوارث الزلزالية فى العالم حتى عام ١٩٨٦

التاريخ	المنطقة	عدد الضحايا
٣٧٣	اليونان	٥٠٠ ألف شخص
٣٦٥	شرق البحر الأبيض المتوسط	٣٠ ألف شخص
٤٧٨	أنطاكية ـــ تركيا	٤٥ ألف شخص
٥٥٦	اليونان	٤٠ ألف شخص
١٠٤٢	تبريز ـــ إيران	
١١٥٨	لندن ـــ انجلترا	
١٥٥٦	سينشو ـــ الصين	٨٣٠ ألف شخص
١٥٩٦	يوريوجيما ـــ اليابان	٤ ألف شخص
١٦٩٢	بورت رويال ـــ جامايكا	٢ ألف شخص
١٧٣٧	كالكاتا ـــ الهند	٣٠٠ ألف شخص
١٧٥٠	لندن ـــ انجلترا	
١٧٥٥	ليشبونة البرتغال	٦٠ ألف شخص
١٧٥٥	بوسطن ـــ أمريكا	
١٧٥٧	كونسيبشن ـــ شيلى	٥ ألف شخص
١٧٧٢	جاوا ـــ أندونيسا	٢ ألف شخص
١٧٨٣	إيطاليا	
١٨٠٣	طوكيو ـــ اليابان	٢٠٠ ألف شخص
١٨١١	نيومدريد ـــ أمريكا	أكثر من ١ ألف شخص
١٨١٢	كاراكاس ـــ فينزويلا	١٠ ألف شخص
١٨٢٢	فالبارازو ـــ شيلى	١٠ ألف شخص
١٨٣٥	كونسيبشن ـــ شيلى	٥ ألف شخص
١٨٥٧	طوكيو ـــ اليابان	١٠٧ ألف شخص
١٨٥٧	نابولى ـــ إيطاليا	
١٨٥٧	جنوب كاليفورنيا ـــ أمريكا	
١٨٦٥	ليما ـــ بيرو	
١٨٦٦	بيرو والأكوادور	٢٥ ألف شخص

التاريخ	المنطقة	عدد الضحايا
١٨٧٢	وادى أوينز ـ أمريكا	٣٠ ألف شخص
١٨٧٧	الأكوادور	١٩,٥ ألف شخص
١٨٨٣	الأنديز ألمانى	٣٦ ألف شخص
١٨٨٦	شارلستون ـ أمريكا	
١٨٩١	مينو اداري ـ اليابان	٧ ألف شخص
١٨٩٩	ياكاتات ـ آلاسكا	
١٩٠٢	المراتينيك ـ غرب الأنديز	٤٠ ألف شخص
١٩٠٢	جواتيمالا	١٢ ألف شخص
١٩٠٢	سان فرانسيسكو ـ أمريكا	٧٠٠ شخص
١٩٠٦	تايوان	١,٣ ألف شخص
١٩٠٦	فالباريزو ـ شيلى	١,٥ ألف شخص
١٩٠٧	كينجستون ـ جامايكا	١,٤ ألف شخص
١٩٠٨	ميسينا ـ صقلية	٧٣ ألف شخص
١٩١٥	إيطاليا	٢٩ ألف شخص
١٩٢٠	كانسو ـ الصين	١٨٠ ألف شخص
١٩٢٣	طوكيو ويوكوهاما ـ اليابان	١٤٣ ألف شخص
١٩٢٧	الصين	٢٠٠ ألف شخص
١٩٢٧	شبه جزيرة تانجو ـ اليابان	٣ ألف شخص
١٩٣١	بحر الشمال ـ انجلترا	
١٩٣٢	الصين	٧٠ ألف شخص
١٩٣٣	لونج بتيش ـ أمريكا	١٠٠ شخص
١٩٣٥	كويفتا ـ الباكستان	٤٠ ألف شخص
١٩٣٩	كونسيبشن ـ شيلى	٥٠ ألف شخص
١٩٣٩	تركيا	٢٣ ألف شخص
١٩٤٦	جزر اليوتيان	
١٩٤٦	هونشو ـ اليابان	٢ ألف شخص
١٩٤٩	تادزيكستان ـ الاتحاد السوفيتى	١٢ ألف شخص
١٩٤٩	اكوادور	٩ ألف شخص
١٩٤٩	سياتل ـ أمريكا	

التاريخ	المنطقة	عدد الضحايا
١٩٥٢	كيرن كونترى ــ أمريكا	
١٩٥٣	اليونان	٣ ألف شخص
١٩٦٠	أغادير ــ المغرب	١٢ ألف شخص
١٩٦٠	شيلى	٦ ألف شخص
١٩٦٢	إيران	١٢ ألف شخص
١٩٦٣	يوغسلافيا	١,٢ ألف شخص
١٩٦٤	انكوراج ــ آلاسكا	١٣١ ألف شخص
١٩٦٤	نيجاتا ــ اليابان	
١٩٦٦	تركيا	٢,٥ ألف شخص
١٩٦٦	هينج تاى ــ الصين	
١٩٦٧	كراكاس ــ فينزويلا	
١٩٦٨	إيران	١٢ ألف شخص
١٩٧٠	بيرو	٦٧ ألف شخص
١٩٧١	سان فيرناندو ــ أمريكا	٦٤ ألف شخص
١٩٧٢	إيران	٥,٤ ألف شخص
١٩٧٢	ماناجوا ــ نيكاراجوا	١٢ ألف شخص
١٩٧٥	ليونينج ــ الصين	تم الإخلاء
١٩٧٥	بوخارست ــ رومانيا	١,٥ ألف شخص
١٩٧٦	جواتيمالا	٢٢ ألف شخص
١٩٧٦	ناتجشان ــ الصين	٦٥٠ ألف شخص
١٩٧٦	تركيا	٤ ألف شخص
١٩٧٧	بوخارست ــ رومانيا	٤ ألف شخص
١٩٧٨	سالونيكا ــ اليونان	
١٩٧٨	ميوجى ــ اليابان	
١٩٧٨	شرق إيران	٢٥ ألف شخص
١٩٨٠	جنوب إيطاليا	٤٥ ألف شخص
١٩٨١	جنوب شرق إيران	٨ ألف شخص
١٩٨٢	شمال اليمن	٣ ألف شخص
١٩٨٣	كوالينجا ــ أمريكا	
١٩٨٤	مورجان ــ أمريكا	
١٩٨٥	مكسيكو سيتى ــ المكسيك	١٠ ألف شخص
١٩٨٦	سان فرانسيسكو ــ أمريكا	

أقوى الزلازل العالمية خلال السنوات الأخيرة

١ ـ المكسيك فى ١٩ من سبتمبر ١٩٨٥

حدث زلزال عنيف بقوة ٧,٨ درجة بمقياس ريختر وقد دمر هذا الزلزال ٣ مناطق فى المكسيك منها العاصمة مكسيكو سيتى وأسفر عن مصرع ٥ آلاف شخص .

٢ ـ السلفادور فى ١٠ من أكتوبر ١٩٨٦

هاجم هذا الزلزال العاصمة سان سلفادور والمناطق المحيطة بها بهزة عنيفة بلغت شدتها ٧ درجات بمقياس ريختر وأسفرت هذه الكارثة عن مصرع ١٤٠٠ شخص .

٣ ـ الأكوادور فى ٥ من مارس ١٩٨٧

حيث تعرضت منطقة نابو لهزة أرضية تراوحت قوتها بين ٢ درجة إلى ٦ درجات بمقياس ميركاللى . وتسببت فى مقتل ٣٠٠ شخص .

٤ ـ الهند فى ٢١ من أغسطس ١٩٨٨

تعرضت ولاية بيهار فى الهند وأيضاً فى نيبال إلى أعنف ضربة زلزالية فى منطقة جبال الهيمالايا منذ نصف قرن وقد بلغت قوة هذا الزلزال ٥,٧ درجة وأدى إلى مصرع ألف شخص .

٥ ـ الصين فى ٦ من نوفمبر ١٩٨٨

تعرض إقليم يونان فى جنوب غرب الصين إلى كارثة زلزالية وصلت شدتها إلى ٧,٦ درجات بمقياس ريختر ترتب عليها مقتل حوالى ٧١٩ شخصاً .

٦ ـ جمهورية أرمينيا السوفيتية فى ٧ من ديسمبر ١٩٨٨

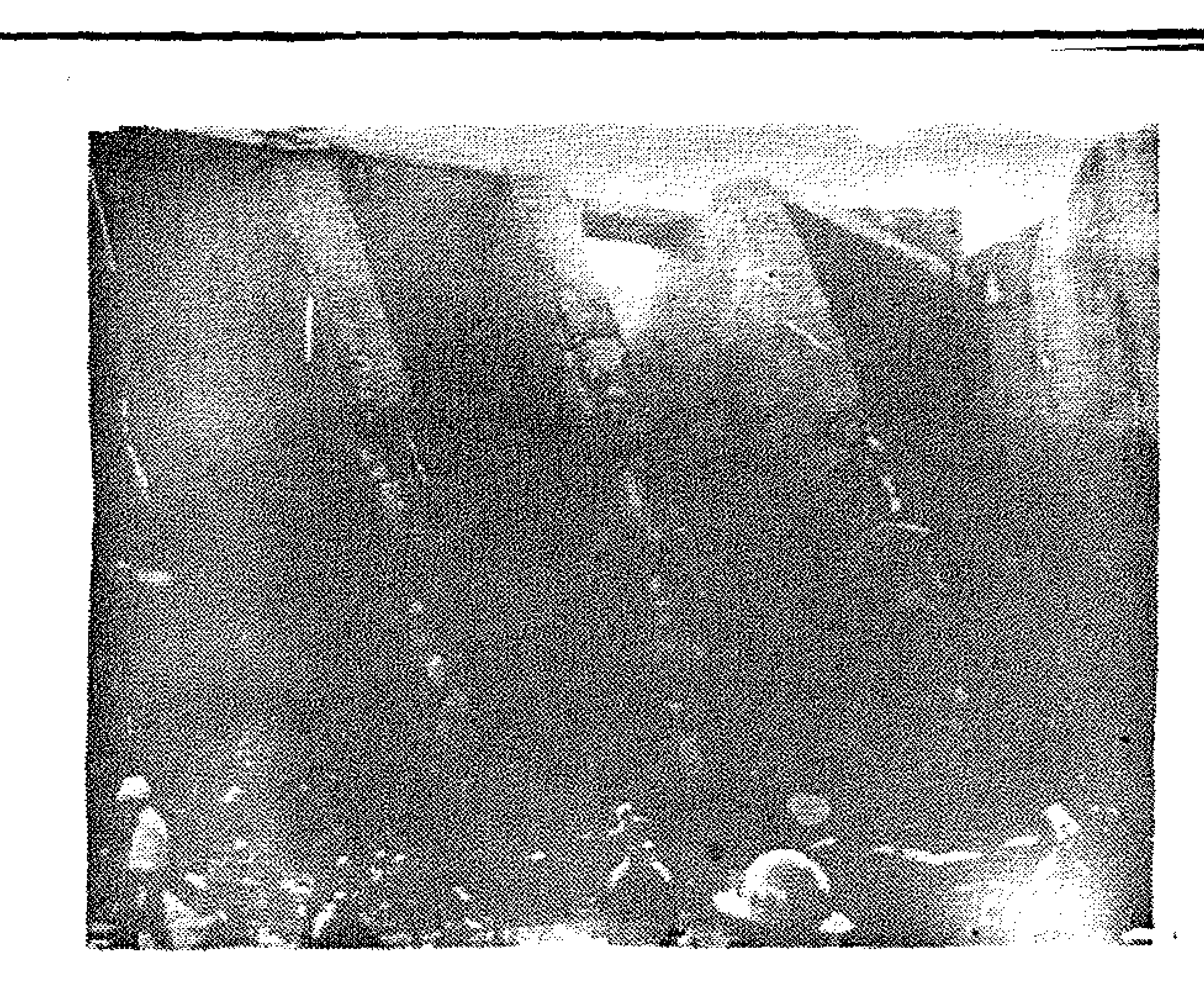
تعرضت هذه المنطقة لزلزال بالغ العنف شدته ١٠ درجات بمقياس ميركاللى أسفر عن مقتل ٢٥ ألف شخص طبقاً للمصادر الرسمية .

٧ - جمهورية تاجيكستان السوفيتية فى ٢٥ من يناير ١٩٨٩

وتعرضت لهزة أرضية بقوة ٥,٥ درجة بمقياس ميركاللى وأدت هذه الهزة إلى مصرع حوالى ٢٧٤ شخصاً .

أندونيسيا فى ١ من أغسطس ١٩٨٩

هاجمت هزة أرضية بقوة ٥,٦ درجة بمقياس ريختر مناطق إيريان جايا (إيريان الغربية) وأدت إلى سقوط ١١٧ قتيلاً .



(انهيار السد فى مكسيكو سيتى)



(دمار شامل للمنشات فى مكسيكو سيتى)

أشهر الموجات التسونامية البحرية

التسونامية اليابانية

تشتهر الشواطىء اليابانية بارتطام الموجات التسونامية منذ القدم وقد سجلت التقارير أن اقتحام الموجات التسونامية لشواطىء جزر اليابان فى عام ١٨٩٦ أدى إلى مصرع حوالى ٢٧ ألف شخص ، بالإضافة إلى تشريد ما يقرب من من ألف مواطن أصبحوا بلا مأوى من جراء هجوم آخر للموجات التسونامية وعلى نفس الشواطىء فى عام ١٩٣٣ وذكرت التقارير أن هذه الموجات التسونامية المدمرة هاجمة الشواطىء اليابانية ما يقرب من ١٥ مرة فى غضون الثلثمائة عام الماضية وذكرت هذه التقارير أن التحذير الوحيد الذى كان يسبق هذه الكوارث البحرية لم يكن سوى ظاهرة الارتداد السريع والمفاجىء لمياه المحيط بعيداً عن الشواطىء ، لذا فقد أدرك سكان المناطق



(هجوم الموجة التسونامية على ناجاتا باليابان)
فى ٦٤/٦/١٦

الساحلية التى تعرضت لهذه الهجمات التسونامية المتعددة مدى أهمية هذا التحذير وأصبحوا يسرعون بالهرب إلى الأراضى البعيدة عن الساحل وإلى المناطق المرتفعة حال حدوث مثل هذا الانحسار المفاجىء لمياه البحر ، إذ بعد مرور بضع دقائق فقط من هذا الانحسار يحدث اندفاع هائل لمياه البحر قد يصل لمئات الأمتار داخل الأراضى الساحلية ، وسرعان ما تتابع الأحداث بسرعة حيث تنحسر ضد الاندفاعات المائية تجاه البحر مرة أخرى ، ثم تعاود الكرة فى الاندفاع نحو الأراضى الساحلية والانحسار تجاه البحر وتستمر هذه الموجات فى تتابع خلال فترة زمنية تتراوح ما بين عشر أو عشرين دقيقة إلى أن تتلاشى قوتها تماماً وتكون قد ألحقت الدمار بتلك الأراضى الساحلية التى هاجمتها .

تسونامية ليشبونة

تردد صدى الموجة التسونامية التى حدثت عقب زلزال ليشبونة عام ١٧٥٥ عند كلا جانبى المحيط الأطلنطى ، نفس مدينة انتيجوا فى غرب الأنديز والتى تقع على بعد حوالى ٥٧٧٥ كيلو متراً من موقع الزلزال ، تم رصد موجة بلغ ارتفاعها حوالى ٤ أمتار أما فى أقصى الغرب وعند جزيرة سابا بالتحديد ، فقد ارتفع منسوب المياه حتى وصل إلى حوالى ٦,٥ متر ، أما فى منطقة أخرى من غرب أنديز فقد تم رصد تيارات بحرية بلغ ارتفاعها ما يزيد عن ٤,٥ متر .

وقد امتد أثر هذه الموجة حتى مدينة كينالى الواقعة على الساحل الجنوبى لإيرلندا وعلى بعد حوالى ١٦٥٠ كيلومتراً من ليشبونة حيث هاجمت كتلة ضخمة من الماء الميناء فجأة وبدون أى سابق تحذير ، وقامت هذه الكتلة المائية المدمرة . بجرف كل شىء اعترض طريقها . ولم يقتصر الأمر عند هذا الحد بل امتد للشواطىء الجنوبية والغربية لانجلترا والموانىءالأوروبية بصفة عامة حيث اجتاحتها موجات بحرية عمودية تراوح ارتفاعها ما بين مترين إلى ثلاثة أمتار .

أما مدينة ليشبونة نفسها فقد انهمرت عليها موجة عاتية بلغ ارتفاعها حوالى ستة أمتار وهاجمت المناطق المنخفضة فى المدينة ودمرت كل المنازل المشيدة

فى هذه المناطق بالإضافة إلى الدمار الذى ألحقته بالجسور والكبارى وإغراق المئات من سكان المدينة ، أما مدينـة كاديز الأسبانية والتى تقع على بعد ٤٣٠ كيلومتراً من مدينة ليشبونة فقد اجتاحتها موجة بلغ ارتفاعها ١٨ متراً أدت إلى تدميرها تماماً .

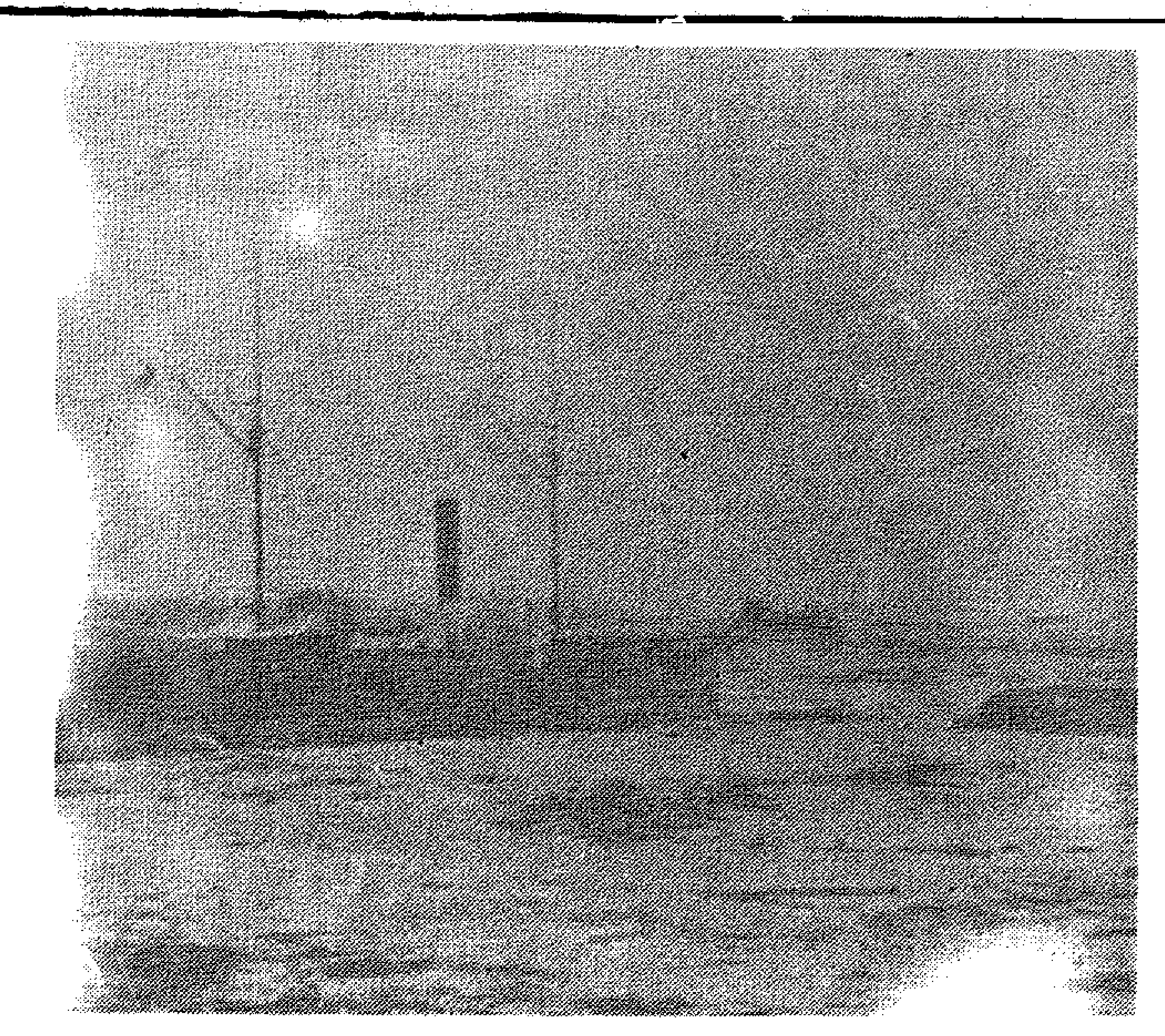
ومن الغريب أن أثر هذه الموجة المدمرة البالغة العنف امتد حتى جزيرة ماديرا الواقعة بين جزر أزوريس حيث انحسرت مياه البحر وتركت كميات ضخمة من الأسماك وجدت ملقاة فى الأماكن المرتفعة التى تبعد عن الشواطىء ، واندفع سكان الجزيرة فى فرح لجنى هذا المحصول الوفير والغير متوقع من الأسماك ولكن للأسف لم تدم فرحتهم طويلاً فسرعان ما هاجمتهم الموجة التسونامية التالية ، ودفعوا أرواحهم ثمناً لهذا الاندفاع .

تسونامية هيلو

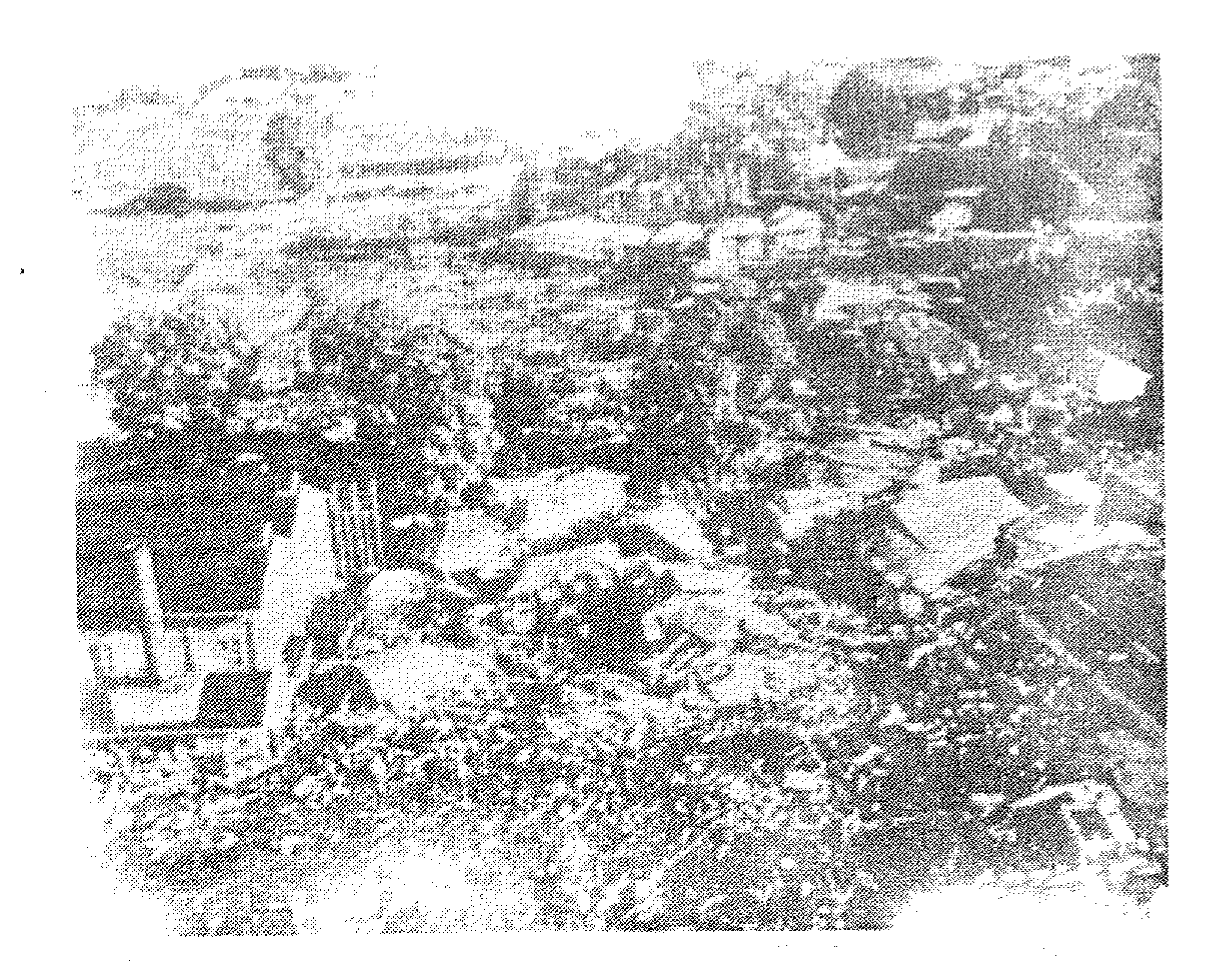
تعتبر شواطىء المدن والجزر التى يرتفع عندها قاع البحر تدريجياً أو التى تكون محمية بسلسلة من الصخور قرب سطح المياه الضحلة محظوظة بهذا التكوين الصخرى الذى يستنفذ معظم طاقة الموجة التسونامية قبل أن تصل إلى هذه المدن .

أما جزيرة هاواى فهى محاطة بمياه عميقة جداً ؛ ولهذا السبب توجد خنادق الغواصات خارج الموانىء الرئيسية مباشرة ولكن هذا التكوين البحرى لم يكن فى مصلحة هذه الجزيرة عندما كانت تتعرض للانحسار المفاجىء للمياه تمهيداً لهجوم الموجه التسونامية البالغة الارتفاع والتى سرعان ما ترتطم بعنف على الشواطىء الغير محمية للجزيرة .

وقد تم رصد ما يزيد على ١٠٠ موجة تسونامية هاجمة الجزيرة منذ عام ١٨١٩ ، وتسببت ١٦ موجة من هذه الموجة إلى إحداث أضرار مدمرة بالجزيرة .



(موجة شيلى التسونامية)



(أثار هجوم موجة هيلو تسونامية)

وكان من نتيجة زلزال جزر اليوتيان الشديد الذى وقع فى أول أبريل من عام ١٩٤٦ أن انهمرت موجة ضخمة بلغ ارتفاعها ٣٠ متراً على المنازل الصغيرة الواقعة فى المعسكر الاسكتلندى بجزيرة يونيماك ، وبعد مرور أربع ساعات كانت الموجة قد هاجمت هاواى على بعد ٤٣٠٠ كيلومتر وإذا بالموجة التى كانت ارتفاعها متراً واحداً فقط ترتفع وتعلو حتى تصل إلى حوالى ١٧ متراً ثم تهاجم مدينة هيلو التى تقع على الجانب الشرقى من جزيرة هاواى ثم اندفعت الموجة بعد ذلك فى اتجاه الميناء وقامت بتدمير كل شيء اعترض طريقها ، وأدى هذا الدمار إلى مصرع ما يقرب من ١٧٣ شخصاً .

وقد كانت هذه الموجة هى أسوأ كارثة فى تاريخ الجزيرة ، وكانت من الأسباب التى أدت إلى سرعة البحث عن الأسباب التى تساعد فى التنبؤ بحدوث الموجات التسونامية .

وبعد مضى عامين على كارثة موجة هيلو التسونامية تم تسأسيس نظام التحذير ضد موجات البحر الزلزالية ، ويعتبر ضمن أجهزة الإنذار فى الشبكة العالمية التى مركزها هونولولو والتى تقوم بتغطية منطقة المحيط الباسيفيكى كله بالنسبة للتحذير عند قدوم الموجات التسونامية .

موجة شيلى التسونامية

كثيراً ما تعرضت شواطىء شيلى وسواحلها للغرق بفعل الموجات التسونامية على مدار التاريخ ، ففى عام ١٩٦٠ مثلاً وقع زلزال شيلى الكبير وتسبب فى تكوين أمواج تسونامية دمرت الكثير من الوديان بامتداد ٨٠٠ كيلومتر خلال سواحل وشواطىء أمريكا الجنوبية ، وما أن مرت ١٥ ساعة حتى كانت هذه الموجة قد هاجمت شواطىء جزر هاواى كما سببت الموجات التى هاجمت هيلو من جراء هذا الزلزال خسائر مادية قدرت بحوالى ثلاثة وعشرين مليون دولار أمريكى بالإضافة إلى مصرع حوالى ٦١ مواطناً . ولولا عمليات التحذير التى سبقت هذه الكارثة لارتفع عدد الضحايا بشكل كبير .

موجة آلاسكا التسونامية

تسبب زلزال آلاسكا فى عام ١٩٦٤ فى نشوء موجة تسونامية رهيبة أحدثت دماراً مروعاً بمجموعة المدن الواقعة فى المنطقة المجاورة لخليج آلاسكا إلى جانب تدمير مدينة شينيجا ومدينة كودياك تماماً ، كما أتت هذه الموجة العاتية على معظم أساطيل صيد السمك التى كانت مرابطة على شواطىء هذه المدن حيث حملت هذه الموجة العديد من المراكب ثم ألقت بها بعيداً داخل المناطق التجارية ، و لم تقنع الموجة المدمرة بهذا الحجم من الدمار ولكنها أضافت إليه مصرع ما يقرب من ١٧٠ مواطناً بينما لم يتعرض للموت فى الموانىء بسبب هذا الزلزال سوى تسعة مواطنين فقط .

وقد أدى هجوم الموجات التسونامية على السواحل القريبة لأمريكا الشمالية إلى حدوث دمار شامل مروع قدرت خسائره المادية بحوالى مائة مليون دولار أمريكى .



(آثار الموجة البحرية المدمرة على الاسكا عام ١٩٦٤)

وفي مدينة كريست بولاية كاليفورنيا الأمريكية لقى ١١ مواطناً مصرعهم بالرغم من استمرار التحذيرات لأكثر من ساعة عن قرب هجوم موجات تسونامية وقد بلغ ارتفاع الموجة التسونامية الأولى التى هاجمت المدينة ما يقرب من أربعة أمتار تلتها ثلاث موجات صغيرة متلاحقة ؛ لذلك تصور سكان المدينة أن موجة التسونامى قد انتهت ولن تعود إلى شواطئهم مرة أخرى وبدأوا فى إزالة آثار الهجوم وتنظيم المنطقة ولكنهم فوجئوا بهجوم الموجة التسونامية الخامسة ، ومن الغريب أنها كانت أكثر الموجات تدميراً حيث بلغ ارتفاعها حوالى ٦ أمتار ، وقد بلغت الخسائر المادية لهذا الهجوم الشرس ما يقرب من ٧,٥ مليون دولار أمريكى .



(سفينة صينية ملقاة بعد تسونامية الاسكا عام ١٩٦٤)

ولم يكن هذا الهجوم العنيف هو الأول من نوعه ولكن شواطىء ولاية كاليفورنيا سبق أن تعرضت فى عام ١٨١٢ لزلزال وقع فى جزيرة سانت كروز أعقبه ارتطام أكبر موجة تسونامية عرفتها شواطىء كاليفورنيا على مدار التاريخ ، وقد تم رصد الارتفاعات المختلفة لهذه الموجة فوجد أنها بلغت حوالى ١٥ متراً بالقرب من شواطىء جاميوتا فى كاليفورنيا بينما بلغت ٩ أمتار بالقرب من سانتا بربارا وحوالى ٥ أمتار أو أكثر عن شواطىء منثوراً .

أما زلزال بوينت ارجيولو فى عام ١٩٢٧ فقد تسبب أيضاً فى موجة تسونامية وصل ارتفاعها إلى (٢ متر) عند السواحل المحيطة بالمنطقة .

التنبؤ بالزلازل

التنبؤ بوقوع كارثة يعتبر من الفنون القديمة التى بدأت منذ خلق الإنسان ، وكان التنبؤ بوقوع الزلزال هو الشغل الشاغل والدائم للمنجمين الأوائل والكهنة وعلماء الفلك القدماء .

والواقع أن هناك بعض الأحداث الزلزالية المدمرة بمر التاريخ أمكن التنبؤ بها ، وغالباً ما ترجع صحة تنبوءات بعض الأفراد بحدوث الظواهر الطبيعية إلى شدة ارتباط هؤلاء الأفراد بالبيئة المحيطة بهم حيث يستندون فى تنبوءاتهم على الخبرات السابقة .

كذلك تبين أن الحيوانات يمكنها أيضاً التنبؤ بالزلازل ، فهى فجأة تبدو خائفة ومضطربة ، وتبدأ فى التصرف بطريقة غريبة قبل حدوث أحد الزلازل .

ولكن من الغريب أن معظم التنبوءات التى من هذا القبيل تكون غير ذات فاعلية لأن الناس عادة ما يكرهون فكرة توقع الكارثة .

فنجد مثلاً أن الزلزال الذى وقع فى تبريز بإيران عام ١٠٤٢ والذى استطاع أن يتنبأ به المنجم الرئيسى لإيران ، ولكن الرجل وجد صعوبة كبيرة فى إقناع الناس بأن يغادروا المدينة ، ولم يستمعوا إلى نصيحته أبداً ، وكانت النتيجة أن فقد حوالى ٤٠ ألف شخص حياتهم أثناء هذا الزلزال .

ولايزال الإنسان يتصرف بنفس الأسلوب حتى يومنا هذا وإن اختلف قليلاً ، فبالرغم من تحذير العلماء المستمر من خطورة بناء المساكن بطريقة عشوائية فى مناطق الصدوع النشطة ، إلا أن عملية البناء مازالت مستمرة فى أراضى من الخطر البناء فيها .

ويعتقد معظم الباحثين فى مجال الزلازل أن التنبؤ بالزلازل هدف يمكن الوصول إليه ، لذا بذلت كل الجهود الممكنة من أجل الوصول لهذا الهدف ، ولو أن البعض يرى أن نتائج التنبؤ ربما تكون ضارة وغير نافعة وخصوصاً عند فشل إحدى هذه التنبوءات ، فإن الناس بالتأكيد ستتجاهل أى تحذيرات بقرب وقوع كارثة بعد ذلك .

والمجتمع الحديث يواجه حالياً العديد من المشكلات نظرا للعوامل الاقتصادية والاجتماعية والسياسية المختلفة والتى تنطوى على مسائل معقدة عديدة ؛ مما يجعل هذه مثل هذه المجالات الأخرى الثانوية لا ترتكز على دراسات علمية كافية ، إلا أن التنبؤ بالزلازل مازال هدفاً ينظر إليه فى المدن التى تحدث بها زلازل شديدة تتسبب فى مصرع عشرات الآلاف من البشر بالإضافة للخسائر المادية الباهظة فى المنشآت الخاصة والعامة .

فاليابان مثلاً ــ التى تعتبر رائدة للدول التى تعيش فى رخاء وتقدم اقتصادى ملحوظ ــ نجد أن تكرار حدوث زلزال آخر مثل ذلك الزلزال الذى حطم طوكيو ويكوهاما عام ١٩٢٣ كفيل بأن يؤدى إلى إنهيارها اقتصادياً ، وقد يستغرق التخلص من آثار هذا الانهيار فترة لا بأس بها من الزمن .

أما الولايات المتحدة الأمريكية فتعتبر أوفر حظاً فى هذا المجال لأن معظم الزلازل التى تتعرض لها تحدث فى مناطق قليلة السكان باستثناء ولاية كاليفورنيا التى تعتبر ثالث أكبر ولاية أمريكية من حيث عدد السكان ، بالإضافة إلى كونها من أكثر المناطق فى العالم عرضة لوقوع الزلازل ، كما أن كاليفورنيا تعتبر مركزاً لعدة صناعات تكنولوجية هامة كما أن بها حوالى ١٠٪ من المصادر الصناعية والبشرية للولايات المتحدة الأمريكية حيث يقع حوالى

٨٥٪ من هذه المصادر في شريط يمتد بطول الحد القاري ليشمل حوالى ٢١ ولاية من الولايات الأمريكية تقع أيضاً ضمن المجال الزلزالي لصدع سانت أندرياس .

كما تتم فى منطقة وادي السيليكون التي تقع في مقاطعة سانت كلارا بشمال كاليفورنيا تصنيع ما يقرب من ربع إنتاج الولايات المتحدة من أشباه الموصلات التي تستخدم في صناعة الأجهزة الإلكترونية إلا أن هذه المقاطعة قد عانت كثيراً أثناء زلزال سان فرانسيسكو عام ١٩٠٦ .

ولكن الغريب في هذا المجال أن معدل الكثافة السكانية يرتفع فى أقصى الشمال بالولايات المتحدة بالرغم مما سجله التاريخ من وقوع أحداث زلزالية في هذه المناطق التي تعتبر مناطق خطرة الأمر الذي من شأنها أن يجعل حوالى $\frac{1}{3}$ سكان الولايات المتحدة الأمريكية إلى جانب الكثير من صناعاتها عرضة للخطر في منطقتين من أخطر المناطق الزلزالية .

لذا فإن الولايات المتحدة تنفق ما يقرب من حوالى ١٧ مليون دولار سنوياً في مجال التنبؤ بالزلازل .

وقد أوضحت الأبحاث العلمية أن التنبؤ بحدوث الزلازل القوية يمكن أن يتم قبل حدوث الكارثة بسنوات عديدة من خلال مناهج طويلة الأجل وهناك مناهج أخرى للتنبؤ قصيرة الأجل قد تصل إلى أسابيع أو حتى أيام قبل حلول الكارثة ، وهذه المناهج يمكن أن تتطور بحيث يصبح من الممكن أن تتخذ سياسة وقائية تقلل من حجم الخسائر في الأرواح والممتلكات .

فأما المناهج الطويلة الأجل فإنها يمكن أن يكون مشجعاً للقيام بعمليات تقوية للمباني والمنشآت القائمة في مناطق الزلازل ، فضلاً عن دفع السلطات الرسمية المحلية للعمل على تنظيم استخدام وتوزيع الأراضي في المناطق المهددة ، بالإضافة إلى تنظيم عمليات التأمين من الكوارث واتخاذ الإجراءات المناسبة لإخلاء المباني القديمة أو الضعيفة أو المرضية للحريق وأيضاً المباني التي تمت بطريقة عشوائية .

كذلك المناهج قصيرة الأجل قد تلعب دوراً هاماً فى وقف العمل على إنشاء محطات لتوليد الطاقة النووية مثلاً أو محطات تقطير البترول ومحطات ضخ الغاز الطبيعى والتى يمكن أن تتم بطريقة عشوائية فى المناطق المعرضة للزلازل .

كما يمكن أيضاً من خلال مناهـج التنبؤ قصيرة الأجل أن يتم إخلاء الأماكن التى تقع تحت مستوى السدود المائية أو تلك التى تقع تحت مستوى البحر ويمكن أن تتعرض لموجات بحرية زلزالية وفيضانات .

وقد نجحت الصين فى بعض التنبوءات بوقوع الزلازل ، حيث تمكنت فى سنة ١٩٧٥ من إخلاء المبانى السكنية ، ونقل الأفراد من منطقة زلزال هايشنج فى إقليم ليونتج مما أدى إلى إنقاذ حياة أعداد لا حصر لها من البشر ولكنها للأسف لم تتمكن من القيام بنفس العمل فى مواجهة الزلزال الذى هاجم منطقة تانجسان فى العام التالى حيث تسبب هذا الزلزال فى مصرع ما يقرب من ٦٥٠ ألف شخص إذ لن يسبق وقوع هذه الكارثة أى مظاهر معروفة للتحذير ، الأمر الذى يوضح أن عملية التنبؤ بالزلزال فى الصين مازالت لم تكتمل بعد شأنها شأن باقى الدول .

كما أن نجاح الصين فى إخلاء هايشنج عام ١٩٧٥ قد لا يمثل مقياساً بالنسبة لبعض المدن الكبرى مثل المدن الأمريكية مثلاً ؛ لأن المجتمع الصينى مجتمع منظم وتحكمه الصرامة مما أدى إلى نجاح عملية الإخلاء أما فى المدن الأمريكية فربما يكون الإخلاء السكانى صعباً إن لم يكن مستحيلاً نظراً للطبيعة المستقلة التى تتميز بها الشخصية الأمريكية .

كذلك أوضحت الخبرة العملية أن بعض الناس يتشبثون بمنطقة معينة ولأسباب متعددة ومختلفة قد تكون مناخ هذه المنطقة أو أهميتها الاقتصادية أو موقعها أو تميزها بصفة خاصة ، ومن الغريب أن مثل هذه المدن أو المناطق إذا تعرضت للدمار من جراء الكوارث الطبيعية سرعان ما يعيد الناس بناءها وفى نفس الموقع ، لذا تعتبر عملية إجبار الناس على ترك أراضيهم عملية مكروهة وتتسبب فى العديد من المشاكل التى يصعب حلها .

لذا فقد أنشىء فى كاليفورنيا عام ١٩٨٠ مشروع يدعى مشروع « حسن الاستعداد للزلزال » ويهدف هذا المشروع إلى تطوير الخطط حتى يمكن استخدام التنبوءات بشكل فعال وحتى يمكن الحد من الآثار الاجتماعية والاقتصادية المترتبة على وقوع الزلزال .

وعملية التنبؤ بالزلازل يمكن أن تتم من خلال اكتشاف بعض العلامات والظواهر التى تنذر بحدوث الزلزال ، كما يستلزم أيضاً التنبؤ بالطقس ، إذ أن الزلازل تتسبب فى خسائر فادحة للمناطق السكنية من جراء الأعاصير أو الفيضانات التى تحدث كنتيجة لوقوع بعض الزلازل .

وفى أواخر الستينات من هذا القرن نجح العالمان الروسيان (ا ، ن سيمينوف ، ا . ب شيرسيوف) فى الوصول إلى بعض النظريات التى بهرت العالم فى مجال التنبؤ بالزلازل ، حيث أعلنا اكتشاف الاختلافات التى تحدث فى سرعة الأمواج الزلزالية كما اكتشفا أيضاً وجود تغيرات فى المقاومة الكهربية للصخور فى منطقة الصدع ، كما اكتشفا ازدياد حجم غاز الرادون المشع فى الآبار العميقة قبل بدء وقوع الزلازل فى مدن طشقند وتاوزبكيستان و كامساتكا .

وقد أحدثت هذه الاكتشافات طفرة كبيرة فى مجال التنبؤ بالزلازل ، حيث يمكن من خلال الأجهزة المناسبة مراقبة بعض المؤشرات مثل التغيرات فى المقاومة الكهربية إلى جانب مراقبة درجة الحرارة والضغط وتكوين السحب للتنبؤ بالطقس ، كما يمكن أيضاً ملاحظة حجم غاز الرادون فى مياه الآبار الأمر الذى يمكن أن يكون مؤشراً حساساً بالنسبة للنشاط الزلزالى حيث يتسرب هذا الغاز المشع ويبدأ فى الانطلاق عند بداية تصدع الصخور وقد استخدم الاتحاد السوفيتى والصين تقنيات متقدمة فى هذا المجال ، كذلك توجد بعض المؤشرات الأخرى بالنسبة لوقوع الزلازل تشمل وجود تغيرات فى المقاومة بطول الصدع ويتم قياسها من خلال تغذية الأرض بتيار كهربى يمر بين نقطتين تبعدان عدة كيلومترات عن بعضهما البعض ، ثم تتم ملاحظة التغيرات التى تحدث فى الفولت الكهربى نتيجة للتغير فى مقاومة صخور القشرة الأرضية المتداخلة .

كما أن مقاييس شدة المجالات المغنطيسية (ماجنيتوميتر) على سطح الأرض يمكنها أيضاً أن توضح تلك التغيرات الضئيلة التى تحدث فى المجال المغناطيسى لمنطقة مركز الزلزال ، كما أن جهاز قياس الجاذبية (جرافيميتر) يمكن أن يحدد الحركة العلوية للقشرة الأرضية .

هذا ويقوم علم إحصاء الزلازل بالربط ما بين هذه المؤشرات وبين المعلومات التى توضح الحركات التكتونية للصدع وللشرائح الأرضية مما يتيح إمكانية التنبؤ بالزلازل وتحديد المناطق التى يمكن أن تكون عرضة لزلازل خطيرة بالإضافة إلى إمكانية تقدير نسبة الأضرار التى يمكن أن يحدثها الزلزال فى هذه المناطق .

هذا وقد أمكن أيضاً تحديد عمر الطبقات من خلال دراسة الآثار الجيولوجية التى وجدت حول صدع سانت أندرياس من أثر الزلازل التى تعود إلى حوالى ٢٠ مليون سنة مضت ، حيث وجدت قنوات على أحد جوانب الصدع وتبين وجود نظير لها على الجانب الآخر من الصدع ، ومن خلال قياس حجم الإزاحة فى الطبقات الصخرية أمكن تقدير عمر الطبقات بواسطة الكربون المشع .

وكان لهذه الدراسات الفضل فى إمداد علماء الزلازل بسجل تاريخى لهذه المنطقة يعود إلى ما يقرب من ١٤٠٠ سنة مضت تخللها حدوث ١٢ زلزالاً كبيراً ، وتبين أن الفترة الفاصلة بين الزلازل تتراوح بين ٥٠ إلى ٣٠٠ سنة ويصل متوسط هذه الفترة إلى حوالى ١٥٠ سنة تقريبا ، وقد مضى الآن ما يقرب من ١٣٠ سنة على وقوع آخر الزلازل الضخمة فى الحد الجنوبى لصدع سان أندرياس .

كما وجد أيضاً أن المعدل الذى تتراكم عنده الالتواءات بطول الصدع يصل إلى ٣,٨ سم فى السنة تقريبا ، وعندما يصل مجموع هذه الالتواءات إلى حوالى ٤,٥ متر فإن هذا من شأنه أن يؤدى إلى حدوث زلزال قوى .

وقد أثبتت الدراسات أيضاً أن المناطق التى تتميز بالنشاط الزلزالى تتعرض لعدد من الزلازل المتوسطة والصغيرة الشدة إلى جانب تلك الزلازل الشديدة

القوة ، وقد وجد أن هذه الزلازل المتوسطة تحدث كل ٢٢ سنة تقريباً بينما تحدث عدة زلازل صغيرة سنوياً ويمكن ملاحظة فترات الهدوء النسبى التى تسبق الحركة الزلزالية الرئيسية .

وقد لوحظ أن النشاط الزلزالى يبدأ بأدنى درجات للشدة ثم يأخذ فى الازدياد فجأة قبل حدوث الهزة الرئيسية .

ومن الأمثلة الواضحة لهذه الظاهرة الطبيعية ذلك الحشد من الزلازل الصغيرة أو الارتجافات الأولى التى سبقت زلزال هايشنج فى الصين عام ١٩٧٥ ، ومن الغريب أن هذا الحشد من الهزات الصغيرة بدأ قبل وقوع الهزة الرئيسية بحوالى شهرين وكانت هذه الهزات تتحرك فى شكل حزام امتد بطول عدة مئات من الكيلومترات .

وفى وسط آسيا وجد الباحثون السوفييت أن الضغط الذى تمارسه الرجفات الزلزالية يتخذ شكلاً عشوائياً أثناء فترة الهدوء إلا أنه يصير بالغ التنظيم قبل ثلاثة أو أربعة أشهر من حدوث الهزة الرئيسية ، كما وجدو أن هذه الضغوط تتراص فى اتجاه الهزة التى ستحدث .

وقد اتضح لعلماء الزلازل أن الزلازل الكبيرة يمكن أن تمدنا بتحذيرات لا بأس بها قبل وقوعها ، كما اتضح أيضاً أن التنبؤ بمستوى شدة الزلزال يمكن أن يعتمد على مراقبة ودراسة الفترة التحذيرية التى تسبق وقوعه فمثلاً إذا كان الزلزال شدته ٥,– درجات بمقياس ريختر فإن الفترة الزمنية التى تسبقه قد تصل إلى حوالى ٤ أشهر ، أما إذا بلغت شدته حوالى ٧,– درجات بمقياس ريختر فإنه فى هذه الحالة يكون متضمناً لحجم من الطاقة يفوق آلاف المرات حجم الزلزال الأول ، لذا فإن الزلزال يمكن أن يبدأ فى إرسال التحذيرات والإنذارات قبل وقوعه بعدة سنين . وهكذا نجد أنه كلما كان حجم الزلزال المتوقع ضخماً وعظيماً كانت الفترة التحذيرية التى تسبقه ومن ثم يصبح من الممكن القيام بعمل الإجراءات اللازمة والتخطيط الجيد لتجنب ما أمكن من آثاره المدمرة .

ولكن يجب ألا نغفل سوء الحظ الذى يمكن أن يحدث فى بعض الحالات إذ أن الطبيعة لا تتصرف دائماً بما يتفق مع الخطط البشرية ، ومن الممكن

أن يقع زلزال فجأة وبدون أى توقع ، فمثلاً فى عام ١٩٧٤ تعرضت منطقة تقع على بعد ١٦,٥ كيلومتر من شمال هوليستر فى وسط كاليفورنيا لزلزال بلغت شدته -٥,٠ درجة بمقياس ريختر وقد سبقت رجفاته بعض التغيرات الواضحة بالإضافة إلى تقلبات مغناطيسية وتغيرات فى السرعة الزلزالية ، وقد تم بنجاح التنبؤ بهذا الزلزال .

بينما زلزال كاليفورنيا المدمر الذى حدث فى عام ١٩٨٤ وبلغت شدته -٦,٠ درجات وفى نفس المكان وبنفس القوة التى سبق التنبؤ بها إلا أن ضرب ضربته العاتية بدون إرسال أى إنذارات أو تحذيرات مسبقة .

ولكن كل ما يمكن قوله حالياً فى مجال التنبؤ بالزلازل هو أن تحقيق جزء من النجاح يعتبر أفضل من لا شىء خصوصاً وأن هناك بعض الاعتراضات على عملية التنبؤ بالزلازل ومن أقوى هذه الاعتراضات ذلك الرأى الذى يخشى من الآثار المترتبة على حدوث ذعر واضطراب جماهيرى عند التحذير من وقوع زلزال وشيك .

بالإضافة إلى أن الإخفاق فى التقدير قد يؤدى إلى عدم إصغاء الجماهير لأى تحذير آخر بوقوع الزلازل مما يؤدى إلى الفشل فى إجراء الاحتياطات اللازمة قبل وقوع الزلزال مثل غلق المنشآت الصناعية العشوائية ، ويظهر هذا العامل بوضوح فى حالات التنبؤ بهجوم الموجات البحرية التسونامية إذ أن طبيعة هذه الأمواج لا تتيح الفرصة الكافية لإمكانية التنبؤ بها مما يؤدى إلى الكثير من الأخطاء فى عمليات التحذير وخصوصاً تلك التحذيرات التى توجه إلى مناطق أخليت من السكان بلا ضرورة أو مناطق مستوطنة بالسكان الذين يتجاهلون التحذيرات وخير مثال على ذلك ما حدث فى السابع من شهر مايو عام ١٩٨٦ عندما تم التنبؤ بهجوم موجة تسونامية على الشواطىء الغربية نتيجة لوقوع زلزال فى ذلك الوقت عند منطقة اليوتيان حيث بلغت شدته ٧,٧ درجة بمقياس ريختر ولكن ولحسن الحظ لم تصل هذه الموجة كما كان مقدراً لها وبسبب لم يتضح حتى الآن ، لذلك تجاهل الناس التحذير الذى وجه إليهم بعد ذلك بشأن هجوم موجة تسونامية أخرى مشابهة حدث أن هاجمت مدينة هيلو فى عام ١٩٦٠ مما أدى إلى خسائر فادحة فى الأرواح .

برامج أبحاث الزلازل

هناك المئات م الجيولوجيين والجيوفرياقيين المتخصصين فى علم الزلازل خاصة فى الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى واليابان والصين وهؤلاء العلماء يعكفون على دراسة المظاهر الزلزالية المختلفة إلى جانب العمل فى برامج للأبحاث الخاصة بالتنبؤ بالزلازل التى تسير قدماً يوماً بعد يوم حيث تنفق مبالغ باهظة فى هذا المجال ، فالولايات المتحدة مثلاً تنفق ما يقرب من ٤٣ مليون دولار سنوياً فى مجال برامج أبحاث الزلازل التى تتضمن دراسة طبيعة الزلازل والتعرف على إشارات لغة تراكم الالتواءات فى الطبقات الأرضية المختلفة حتى يمكن التوصل إلى أسباب تكوين الزلازل ، هذا إلى جانب دراسة هندسة المبانى والأساليب الحديثة فى تصميم المبانى والمنشآت المقاومة للزلازل كما يتم الآن أيضاً دراسة مناهج أخرى عديدة مثل مراقبة مستوى المياه فى مجموعات من الآبار ومراقبة انطلاق غاز الرادون بالإضافة إلى دراسات أخرى تتم فى المناطق المعرضة للزلازل .

وهذه البرامج تعتبر مؤثرة وفعالة إلى حد بعيد بالرغم من الخطورة التى تتعرض لها حياة هؤلاء الجنود المجهولين الذين يقومون بالعمل فى هذا المجال .

وفى موسكو بالاتحاد السوفيتى يوجد معهد للطبيعة متخصص فى دراسة الأرض وتتضمن برامج الأبحاث هناك القيام بقياسات ميدانية وعملية تشبه تلك القياسات التى تتم فى الولايات المتحدة الأمريكية ، إلا أن التجارب الميدانية فى الاتحاد السوفيتى ترجع إلى ٣٠ عاماً مضت كما أن الفضل يرجع إليها فى نجاح جهود اكتشاف وجود تلك المجموعة من التحذيرات التى وجد أنها تسبق وقوع الزلازل .

هذا وتختلف استراتيجية الباحثين السوفيت عن استراتيجية أقرانهم فى الولايات المتحدة إلى حد ما ، حيث أقام الاتحاد السوفيتى عدة مواقع تجريبية فى وسط آسيا وكامكاتا وزودت هذه المواقع بعدد من الأجهزة التى تغطى مساحات كبيرة .

أما الولايات المتحدة فقد كثفت من حجم الأجهزة المستخدمة والتى تركزت معظمها فى منطقة صدع سانت أندرياسى الشهير .

ويحاول الاتحاد السوفيتى من خلال هذه الأبحاث اكتشاف مناهج جديدة للتنبؤ بالزلازل إلى جانب استحداث تقنيات جديدة ، ولكن المهم فى هذا الشأن هو عملية تبادل الأفكار والآراء التى تتم بين علماء الزلازل فى الولايات المتحدة الأمريكية وزملائهم فى الاتحاد السوفيتى وغيره من البلدان الأخرى فى مجال أبحاث التنبؤ بالزلازل الأمر الذى من شأنه أن يخلق نوعاً من القاعدة الدراسية الواسعة النطاق والتى ربما لا تستطيع أى من الدولتين إنجازها بمفردها .

أما فى اليابان فقد كرس علماء الأرض هناك معظم جهودهم البحثية منذ بداية هذا القرن فى عمليات التنبؤ بالزلازل لأسباب تتصل بطبيعة تلك البلاد ورغم ذلك فإن برنامج الأبحاث الرسمى فى اليابان لم يتخذ مجراه حتى عام ١٩٦٥ ، وظلت اليابان تصدر التقارير عدة سنين متوالية حول التغيرات الغير منتظمة التى تسبق وقوع الزلازل بالنسبة للميل ولمستوى البحر ، إلا أن هذه التقارير كانت ضئيلة وذات مستوى بحثى منخفض مما جعل أغلب علماء الغرب يعملون على تجاهلها ، ولو أن بعض هذه التقارير توضح الظواهر التحذيرية الحقيقية .

ويقوم برنامج الأبحاث اليابانى بتأكيد عمليات المساحة الأرضية كل خمس سنوات لتشمل مساحات واسعة تمتد إلى ١٥ ألف كيلو يتم خلالها تزويد الملاحظين بأجهزة للكشف عن الالتواءات وأخرى لقياس درجات الميل فى الطبقات وتدوين الملاحظات حول مستويات الزلازل والتغيرات فى السرعة الزلزالية والظواهر المغناطيسية والكهربية المتصلة بهذا المجال ، ويعتبر التعاون حالياً وثيقاً بين الولايات المتحدة الأمريكية واليابان فى هذا الشأن .

أما الصين فقد أقدمت على عمل برنامج ضخم للتنبؤ بالزلازل عقب كارثة الزلزال المدمر عام ١٩٦٦ فى مقاطعة ليونيج حيث خصصت ما يزيد على

١٠ ألف عالم ومهندس وفني للعمل فى هذا البرنامج ، كما تطوع ما يقرب من ٣٠٠ ألف متطوع للمساعدة فى رصد الإنذارات الزلزالية ، وقد لوحظ أثناء العمل فى هذا البرنامج تلك التصرفات الغريبة التى تظهر على الحيوانات والتى تعتبر نوعاً من الإنذار للزلازل إلا أن العلماء فى الصين وجدوا أنها لا تستحق الاهتمام .

هذا وقد أنشأت الصين أيضاً برنامجاً تعليمياً مكثفاً فى هذا المجال ومن المؤكد أن التقدم الذى أنجزته الصين خلال برنامج الأبحاث وتلك العمالة المكثفة إلى جانب عدد العلماء والأجهزة سيكون له الأثر الفعال فى إنقاذ أرواح البشر من كوارث الزلازل المدمرة وقد تصبح الصين من رواد العالم فى مجال التنبؤ بالزلازل .

وقد أقام الباحثون فى الولايات المتحدة الأمريكية شبكة من المحطات التلفزيونية فى وسط كاليفورنيا ، وزودت هذه الشبكة بأجهزة لقياس الزلازل وأجهزة لقياس الانحدارات الأرضية فى منطقة صدع سان أندرياس إلا أن الملاحظات المغناطيسية والكهربية التى استنبطت كانت ضئيلة ، أما فى جنوب كاليفورنيا فقد تم استخدام عدد كبير من الأجهزة فى عمل مشترك بين الفنيين فى مختلف التخصصات وبين علماء البحث الجيولوجى حيث كانت البيانات تتوالى من خلال هذه المجموعة البحثية وتنتقل هذه المعلومات عبر أجهزة الإرسال ، وقد نجحت هذه المجموعة من العلماء فى تسجيل ما يقرب من ١٠ آلاف رجفة أرضية خلال عام ١٩٨٤ بالإضافة إلى قيامهم بتحديد مواقع الزلازل بدقة ومراقبة سرعة إنذارات وقوع الزلازل والتغيرات فى المقاومة الكهربية .

هذا وقد تم تطوير أجهزة القياس حتى يمكنها العمل بطريقة مستمرة وخلال الظروف المختلفة مثل جهاز « العداد الزاحف » وجهاز « عداد الثقب الضاغط » ، وقد أوضحت قراءات هذه الأجهزة أن أجزاء من جنوب كاليفورنيا ترتفع سنوياً بمقدار يعادل ١٠,١٦ سم تقريباً ، لذا فقد رأى العلماء أن مثل هذا التزحزح فى القشرة الأرضية قد يفرض تصور وقوع زلزال

وشيك ، خصوصاً وأن منطقة باركفيلد بكاليفورنيا تشتهر بانتظام وقوع الزلازل منذ القدم حيث يندلع هناك زلزال متوسط الشدة كل ٢٠ أو ٢٧ عاماً وقد وقع آخر زلزال فى عام ١٩٦٦ مما يعنى احتمال قرب وقوع الزلزال التالى .

وقد وضع علماء الجيولوجيا ساعتين للزلازل تشبه الساعات المستخدمة للأعاصير ، وقد وضعت إحدى الساعتين لرصد الزلازل الكبرى فى جنوب كاليفورنيا بينما الأخرى للزلازل المتوسطة فى منطقة بحيرات ماموث بشرق كاليفورنيا .

وفى أمريكا تعتبر محطات رصد موجات البحر الزلزالية والتى تديرها وكالة الأرصاد القومية الأمريكية بمثابة مركز متطور للبحث العلمى فى فروع ومجالات متنوعة خاصة بالمحيط الباسفيكى ، إذ أن هذه المنطقة مسئولة عن حوالى ٩٠٪ الموجات التسونامية المسجلة فى العالم ، وتقوم كل محطة من محطات الرصد بمراقبة وتسجيل موجات البحر التى تمر أمامها لمعرفة مدى تطور هذه الموجة ، وقد أصبح من السهل الآن حساب الموجه من خلال البيانات المتوفرة كما أصبح من الممكن التعرف على المناطق السكنية المعرضة لخطر هجوم هذه الموجات فى منطقة المحيط الهادى ، فمثلاً الموجة التسونامية التى تكونت بسبب زلزال آلاسكا لاحظ العلماء أن الممكن وصولها إلى شواطىء هاواى فى ٦ ساعات وإلى اليابان خلال ٩ ساعات وإلى شواطىء الفلبين خلال ١٤ ساعة . كما توصل هؤلاء الباحثون إلى أن الموجة التسونامية التى تهاجم شواطىء شيلى يمكن أن تصل إلى هاواى فى ١٥ ساعة وإلى اليابان خلال ٢١ ساعة ويعتبر هذا وقتاً كافياً لإرسال عدة تحذيرات بقدوم هذه الموجة للعمل على اتخاذ الاحتياطات اللازمة وتجنب ما أمكن من الوفيات والخسائر المادية .



محاولة هدف أثر الزلازل

بالرغم من مجموعة الإنجازات العلمية الناجحة فى مجال التنبؤ بالزلازل إلا أننا حتى الآن لا نملك الضمانات الكافية والتى تؤكد نجاح هذه التنبوءات ، كما أننا لا نستطيع أن نمنع وقوع هذه الكوارث المدمرة ؛ لذا فالأمر يتطلب وضع برنامج شامل للإقلال من حجم الخسائر والأضرار ومحاولة التخفيف من هذه الزلازل .

وقد وردت فكرة السيطرة أو التخفيف من حدة الزلازل من قبيل الصدفة أثناء قيام بعض العلماء بإجراء مجموعة من الدراسات الخاصة بالنشاط الزلزالى خلال الفترة ما بين عامى ١٩٦٢ ، ١٩٦٦ ، وكانت هذه الدراسات تتم فى موقع عند جبل أرسينال الصخرى فى منطقة دنفر بالولايات المتحدة وكان الاعتقاد السائد ولفترة ٨٠ سنة قبل عام ١٩٦٢ أن منطقة دنفر لا تتميز بالنشاط الزلزالى طبقاً لتقارير المساحة الجيولوجية لهذه المنطقة لهذا أقيم مصنع لإنتاج المواد المستخدمة فى الأسلحة النووية خارج منطقة دنفر ، وفى عام ١٩٦٢ بدأ هذا المصنع فى التخلص من نفاياته المتخلفة من إنتاج هذه المواد النووية ، وذلك من خلال دفن هذه النفايات فى بئر على عمق ٣٦٥٠ متراً وقد استمرت عملية حقن سوائل النفايات من أبريل ١٩٦٢ وحتى سبتمبر ١٩٦٥ وقد لاحظ العلماء القائمون بالأبحاث الزلزالية أن خلال فترة حقن النفايات حدث ما يقرب من ٧٠٠ زلزال بسيط أمكن الإحساس به ، وقد تم تسجيل هذه الهزات ، وقد لوحظ هبوط واضح فى النشاط الزلزالى عندما توقف الحقن لمدة عام ، وما أن استؤنف الحقن مرة أخرى حتى بدأت الرجفات الزلزالية .

وقد سجلت بعض الزلازل الأخرى التى حدثت بفعل النشاط البشرى أيضاً وذلك فى المناطق القريبة من الخزانات المائية الكبرى مثل بحيرة ميد التى تقع على الحدود بين ولايتى أريزونا ونيفادا ؛ إذ لوحظ أنه منذ امتلاء هذه البحيرة فى عام ١٩٣٦ تم تسجيل المئات من الرجفات الأرضية البسيطة والتى يعتقد أنها قد حدثت بسبب ازدياد وزن المياه عن سعة البحيرة ، مما أدى إلى انتفاخ

القشرة الأرضية بنسبة بسيطة ، ويعتقد أن انزلاق الصدع يزداد بسبب المياه التى تنتشر بين الطبقات السفلى .

أما فى الهند فيعتقد أن خزاناً كبيراً كان هو المسئول عن انفجار أحد الزلازل المدمرة وتسبب فى مصرع حوالى ٢٠٠ شخص .

هذا ويعتقد أن تجارب الانفجارات النووية التى تتم تحت سطح الأرض مسئولة أيضاً عن سلسلة من الزلازل التى تحدث بعد هذه التجارب .

وقد أوضحت التجارب الميدانية والمعملية أن الحقن بالسائل فى منطقة الصدع يقلل من مقاومة الاحتكاك أى أن الحقن بالسائل يسهام فى إضعاف الصدع ، كما أن سحب هذا السائل يؤدى إلى تقوية الصدع مرة أخرى .

وقد أُجْرِىَ اختبار ميدانى مثير فى هذا المجال حيث قام الباحثون بحقن بئر فى أحد حقول رانجلى للنفط فى شمال غرب ولاية كولورادو ، ثم سحبت سوائل الحقن مرة أخرى فوجد أنه من الممكن بدء النشاط الزلزالى ثم وقفه .

وهذه النتائج الملحوظة من الممكن أن تمتد لتشمل التحكم فى الصدوع الكبرى مثل صدع سانت أندرياسى فى جنوب كاليفورنيا حيث يمكن الحد من تهديد الزلازل الكبرى من خلال تفجير مجموعة من الزلازل البسيطة أما عن طريق الحقن بالسوائل أو من خلال الانفجارات النووية البسيطة .

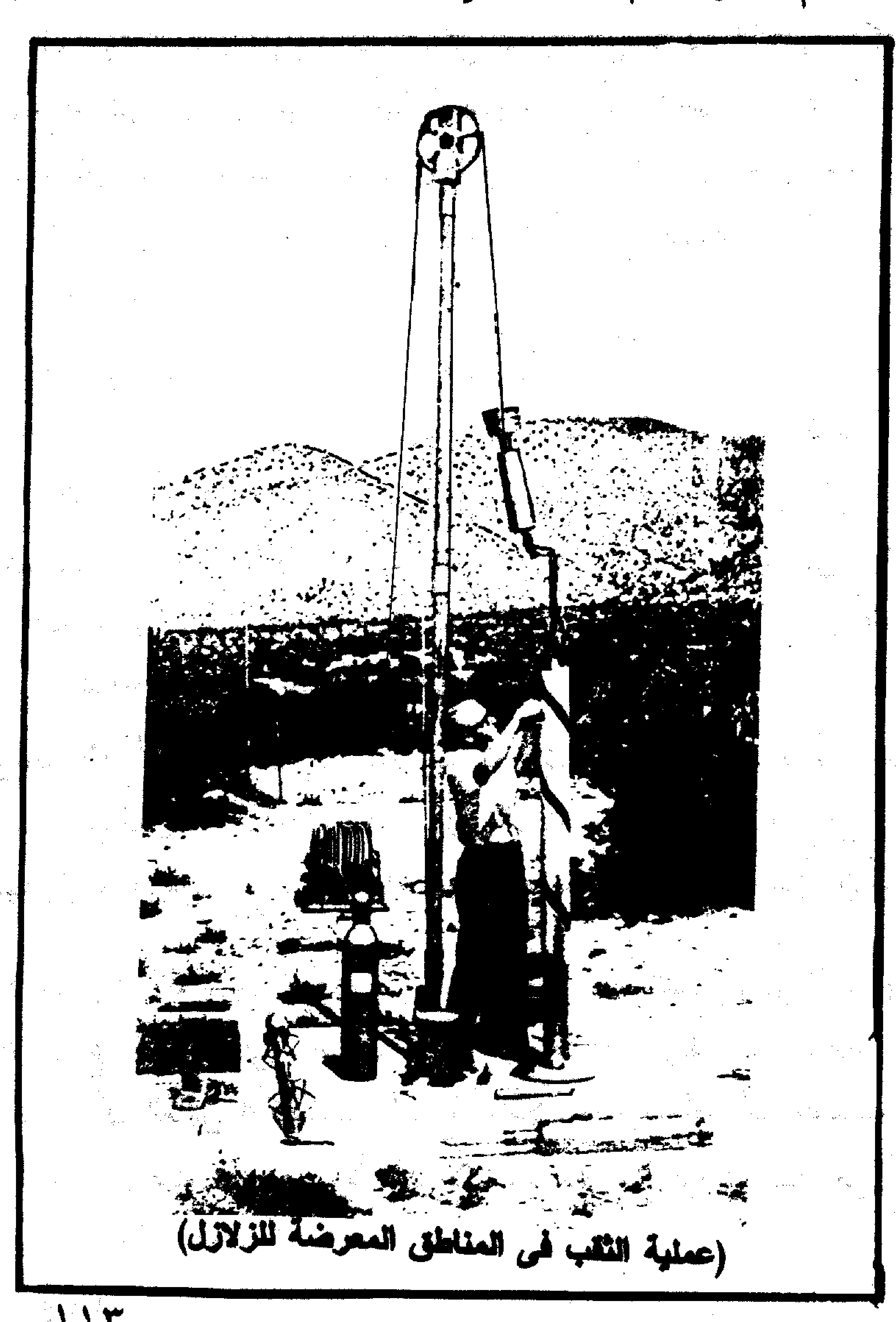
فإن هذه الأساليب التى تعمل ببطء وباستمرار قد تنجح فى إطلاق سراح تلك الضغوط الداخلية التى يؤدى تعاظمها إلى الانطلاق فى صورة زلزال شديد القوة . ولو أن مشاكل التحكم فى الزلازل متعددة وتحتاج إلى الآلاف من الهزات الصغيرة حتى تعادل تلك الطاقة التى تنطلق من زلزال واحد عنيف .

ومن الصعوبات التى تواجه مثل هذه الأساليب أيضاً أن عملية الثقب فى مناطق الصدوع تعتبر عملية بالغة الصعوبة وغير مستقرة حيث تتسبب الصخور المحطمة فى حدوث انهيارات جانبية إلى جانب فقدان ذراع الحفار ، كما أن الصدوع تختلف عن بعضها البعض ، فهناك الصدوع الضحلة التى يمكن

(فوهة تكونت على أثر التجارب الذرية)

الوصول إليها بواسطة تكنولوجيا الثقب الحديثة كما فى حالة صدع كاليفورنيا بينما البعض الآخر من الصدوع من الصعب الوصول إليه .

أما أغرب المشاكل التى قد تواجه العلماء بل يمكن أن تكون أسوؤها على الإطلاق هى أن عملية الثقب فى الصدوع قد تتسبب هى نفسها فى حدوث نفس الزلزال الذى يحاول العلماء الحد من وقوعه ، وهكذا نرى أن الطبيعة لا تستسلم بسهولة أمام محاولات الإنسان لقهرها .



(عملية الثقب فى المناطق المعرضة للزلازل)

تطوير المبانى المعرضة للزلازل

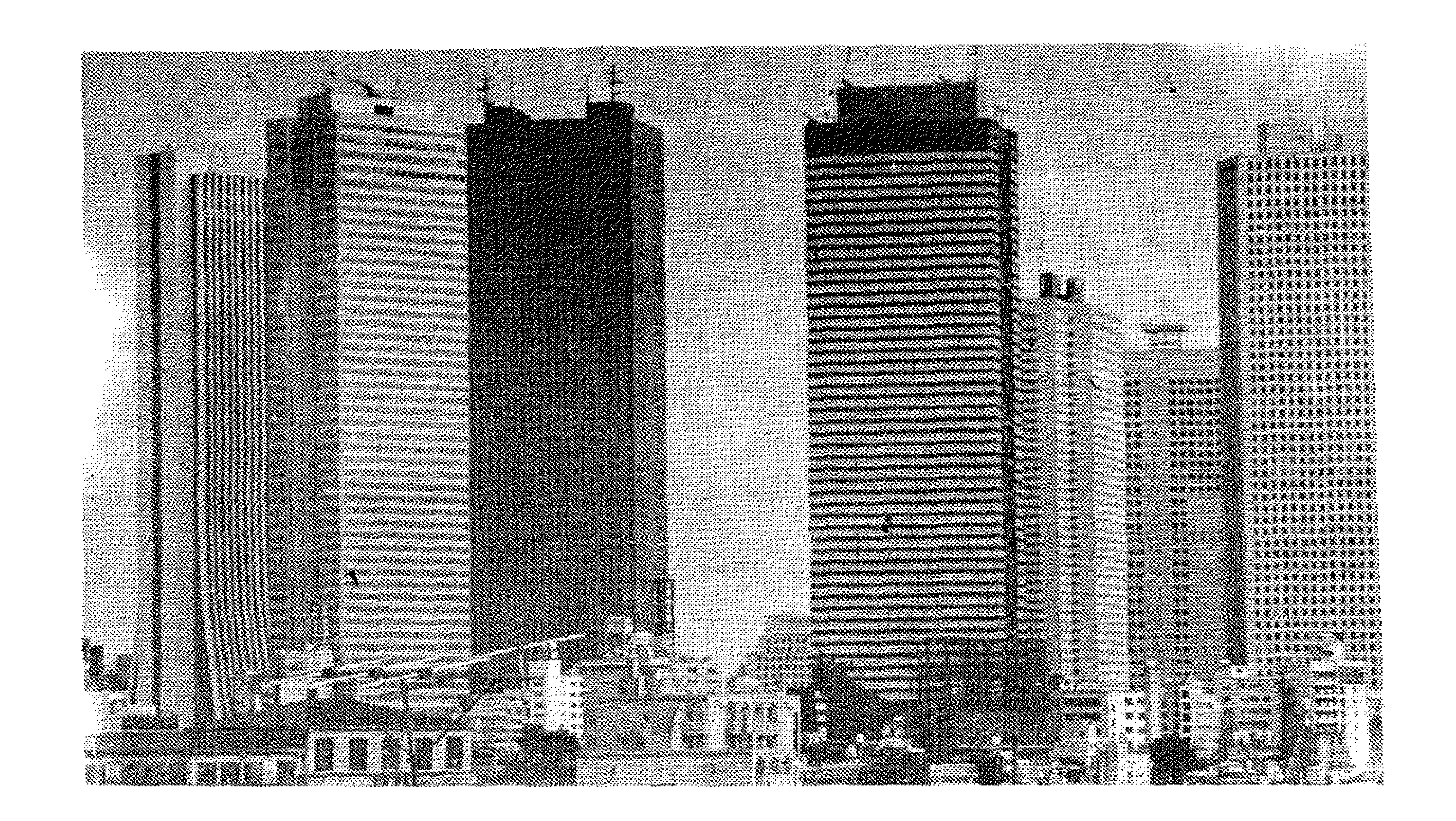
كانت المساكن فى العصور القديمة بسيطة التكوين وكانت هذه المساكن تقاوم أعتى الزلازل بالرغم مما كانت تبدو عليه من ضعف ؛ إذ أن السكان فى الحضارات القديمة والذين عاشوا فى مناطق كثيرة التعرض للزلازل قد تعلموا كيف يحمون أنفسهم من خلال بناء مساكن بالغة البساطة ، فمثلاً كانت منازل اليابانيين القدماء تتكون من هيكل بسيط من القطع الخشبية الكبيرة المتراصة تتخللها أخشاب البامبو اللينة ثم يسوى السطح بالطين ، وكانت هذه المنازل تستقر على مربعات صخرية كبيرة وغائرة فى الأرض بدون دعامات ؛ لذا كان تأثير الزلزال على هذه المنازل يشبه إلى حد كبير عملية هز سلة ضخمة مجدولة من البامبو .

أما فى مجتمعات أمريكا الجنوبية ، فكانت المبانى تتكون من دور أرضى متين ومشيّد من الأحجار ، أما الدور العلوى فمن الأخشاب الخفيفة ومن الغريب أن هذه المنشآت كانت قادرة على الصمود أمام هزات الزلزال ولكن من العجيب حقاً أن تطور الإنسان أدى إلى تطور أيضاً فى وسائل الراحة والأدوات المستخدمة أصبحت أكثر تعقيداً ، الأمر الذى جعل من أضرار الزلازل مشكلة خطيرة وباهظة التكاليف .

ونجد الآن أن معظم المراكز العصرية الكبيرة القائمة هى عبارة عن خليط من القديم والحديث حيث اندمجت المبانى الحديثة ، مع تلك المبانى التى يعود تاريخها إلى مائة عام مضت أو أكثر ، وبعضها قد ضعف على مدار الزمن .

كما نجد أيضاً أنه بمرور الوقت وارتفاع سعر أراضى البناء اضطر المعماريون إلى الارتفاع بالمبانى حتى وصلت بعض المنشآت إلى ارتفاعات شاهقة .

ونظراً لأن العامل الاقتصادى أصبح عاملاً جوهرياً نجد أن التصميمات والخامات أصبحت فى بعض الأحيان لا تتفق تماماً مع قوانين البناء من أجل توفير المزيد من النقود .



(ناطحات السحاب المقاومة للزلازل فى طوكيو باليابان)



(انهيار بعض المبانى وصمود البعض الآخر فى مدينة شارلستون فى ١٨٨٦)

ولكن هناك بعض المنشآت التى يجب بالضرورة أن تصمد أمام الزلازل الشديدة مثل المستشفيات والمدارس والمبانى التابعة للمؤسسات الحكومية .

وتعتمد قدرة المبانى على الصمود أمام الهزات الأرضية على عوامل كثيرة ومتعددة منها على سبيل المثال نوع التربة التى تم البناء عليها وعلى تصميم البناء وموقعه بالنسبة لموجة الاهتزاز هذا إلى جانب نوع المواد المستخدمة فى البناء وأيضاً مدى كفاءة العمالة المستخدمة ، هذا بالإضافة إلى طبيعة الهزة الأرضية ، فمثلاك الهزة الأرضية القصيرة ذات التردد العالى الحاد والتى تدوم لثوان معدودة فقط تعتبر بالنسبة للمهندس أمراً من السهل قهره نسبيا ، ومن اللافت للنظر أن المنازل المكونة من طابقين إلى أربعة طوابق تعد من أكثر المنازل عرضة للانهيار أثناء حدوث مثل هذا النوع من الهزات الأرضية ، بينما المبانى العالية وناطحات السحاب مثلاً من الممكن أن تنجو من مثل هذه الهزات القصيرة ودون أن يلحقها الضرر الشديد .

أما الهزة الطويلة ذات التردد القصير والتى تدوم لمدة دقيقة أو أكثر فتعتبر أمراً مختلفاً تماماً ، وإذا لم يتم تصميم المبنى المتعدد الطوابق تصميماً جيداً ، فإن هذا المبنى يمكن أن ينهار بأكمله ونجد كل طوابقه محددة على سطح الأراضى أما تلك المبانى ذات الطوابق القليلة لم يصبها الضرر .

ويتناول مجال هندسة الزلازل كل التصميمات الاقتصادية للمبانى والتى تستطيع أن تصمد أمام الهزات الأرضية ، بالإضافة إلى تغيير المبانى الموجودة بالفعل مثل المساكن والمبانى التجارية والمدارس والمستشفيات وأيضاً السدود والكبارى والتى يجب أن تختبر جيداً من حيث قوة التحمل .

كما أن هناك بعض المبانى التى شيدت بطريقة عشوائية والتى كثيراً ما تنهار فى مواجهة الزلازل بسبب انهيار الأرض التى شيدت عليها كما حدث فى مأساة مدينة انكوراج أثناء زلزال آلاسكا عام ١٩٦٤ حيث تعرضت طبقة من الطَّفْلَة تمتد تحت سطح المدينة إلى ظاهرة السيولة الصخرية مما تسبب فى انزلاق الأرض واتجاهها نحو البحر .

كما أن الهزة الأرضية الشديدة قد تفقد التربة قدرتها على تحمل المبانى كما

قد تؤدى إلى سيولة التربة الحاملة لهذه المبانى لذا فمن الضرورى أن يتم الحد من إقامة المنشآت فى المناطق التى تتعرض تربتها للهبوط أو فى المناطق التى تقع على امتداد الصدوع النشطة إلى جانب أيضاً تلك المناطق المعرضة للانزلاق الأرضى والمناطق الساحلية المعرضة للموجات البحرية الزلزالية ، وكل هذه الظواهر تعتبر من العوامل الهامة بالنسبة للعاملين فى مجال هندسة الزلازل .

لذا فقد قام المهندسون وعلماء الزلازل إلى جانب بعض العلماء من التخصصات الأخرى فى أمريكا بوضع أربع نظريات لطرق تصميم وبناء المبانى والمنشآت التى تقاوم الزلازل .

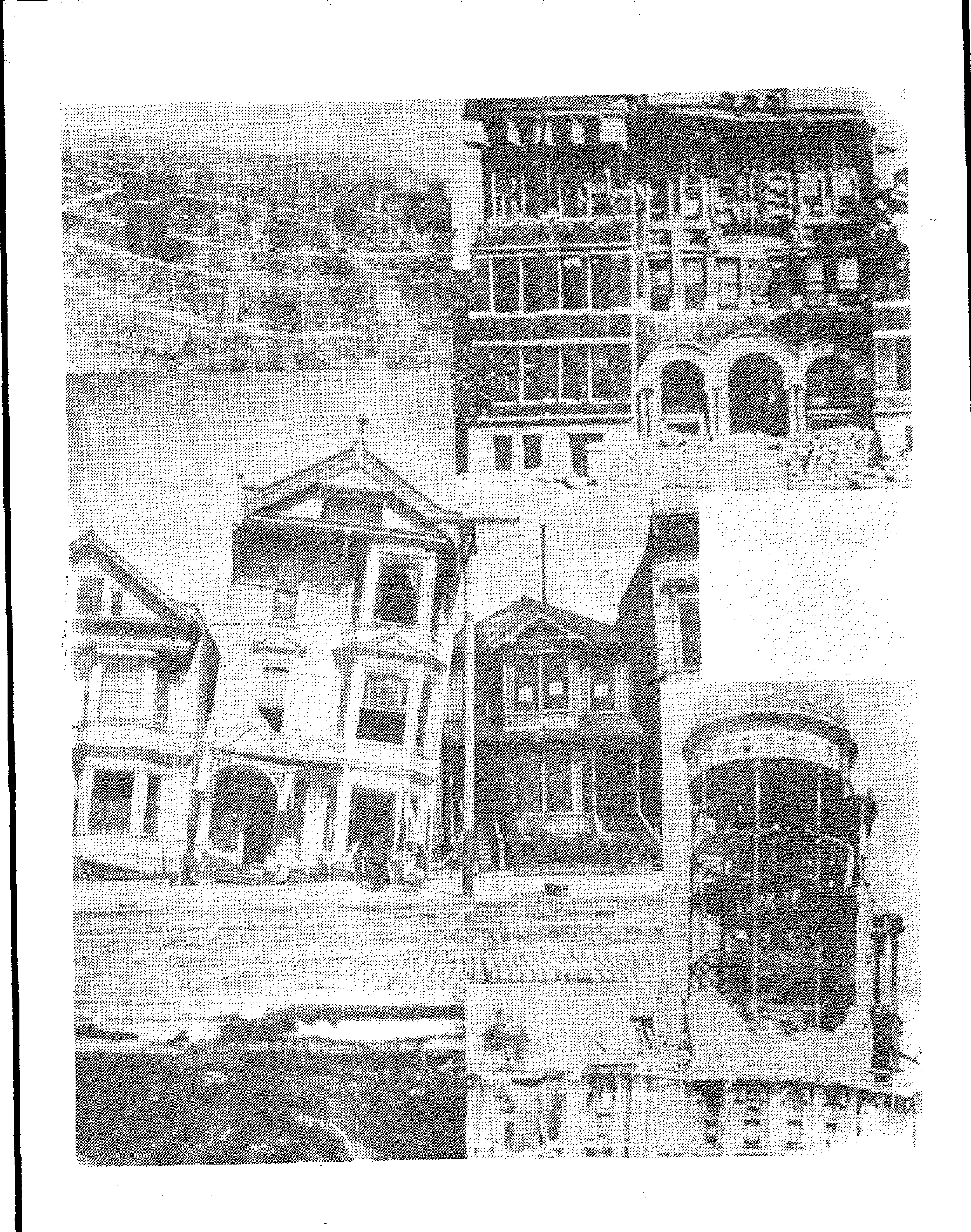
وقد وضعت هذه النظريات تحت الاختبار العملى عندما وقع زلزال سان فرناندو فى صباح أحد أيام عام ١٩٧١ وكانت قوة هذا الزلزال ٦,٦ درجة واستمر لمدة دقيقة ، حيث وجد أن المساكن ذات الطابق الواحد كانت أفضل فى التحمل من المساكن ذات الطابقين أو أكثر كذلك كان الفرق بسيطاً بين المساكن ذات الأرضيات الخشبية وتلك المكسوة بالبلاط .

وقد لوحظ بوجه عام أن المنازل الحديثة البناء قد صمدت أمام الهزات الأرضية بصورة أفضل من المنازل القديمة أما المساكن الرديئة التنفيذ فى البناء أو الخفيفة فقد تعرضت للضرر .

أما المدارس فقد فشلت فى الصمود أمام هزات ذلك الزلزال ولكن من حسن الحظ أن الفصول لم تكن قد بدأت العمل بعد ، كما تعرضت الطرق للالتواء والتعرج بينما انهارت المعابر الحديثة الإنشاء .

وكان تصميم المبانى قبل وقوع زلزال سان فيرناندو فى عام ١٩٧١ تم تنفيذه من خلال افتراض نسبة ١٠٪ كأقصى جاذبية محتملة بالنسبة لزلزال متوسط الشدة ، ولكن أجهزة تسجيل الزلازل فى وادى سان فيرناندو أوضحت أن بعض المبانى قد تعرضت لتسارع يساوى أو يفوق قوة الجاذبية ، لذا أصبح من الواضح أن تصميم البناء غير ملائم للظروف التى تتعرض لها هذه المبانى .

وقد وجد أنه عند وقوع أى زلزال حتى ذلك الزلزال المتوسط الشدة ،



(هبوط التربة وانهيار المبانى ـ زلزال سان فرانسيسكو ١٩٠٦)

فإن المبانى تتعرض لقوى أشد بما يوازى خمسة إلى عشرة أضعاف تلك القوى التى كان مسموحاً بها فى المواصفات الأصلية .

كما اتضحت أيضاً مشكلة من أنه كلما طال أحد الزلزال كانت المبانى المتعددة الطوابق أكثر ميلاً للتأرجح ؛ لذا فإن المبنى المصمم بحيث يواجه الزلزال قصير الأمد من الممكن أن ينهار ، ولحسن الحظ أن علماء الجيولوجيا قد تعرفوا على مواقع معظم الصدوع النشطة وبذلك يستطيع مهندسو البناء أن يتعرفوا على الاتجاه المحتمل للموجات الزلزالية وبالتالى يمكنهم وضع تصميمات البناء بحيث تتفق مع المحور الطولى الموازى لحركة الأرض المتوقعة أثناء الزلزال .

كذلك نوع التشييد يلعب دوراً كبيراً فى صمود البناء أمام الزلازل ، فمثلاً المبانى ذات الهياكل الصلب والتى تتمتع بالقوة مع شيء من المرونة والخفة فى الوزن قد تكون أكثر ميلاً للصمود أمام الزلزال ، كذلك أيضاً تلك المبانى ذات الهياكل الأسمنتية القليلة النوافذ والأبواب التى تضعف قوة البنيان ربما تصمد جيداً أمام الزلازل ، أما تلك المبانى المشيدة بالقوالب الأسمنتية المفرغة والغير مسلحة ، وكذلك المبانى الحجرية القديمة ، فإنها تكون أكثر عرضه للتأثر بأخطار الزلازل ، كما أن الأوزان الثقلة فوق أسطح المنازل تزيد من ثقل المبنى ، كما أن الشرفات تمثل خطورة عند سقوطها على المشاة أثناء الهزة الأرضية ، لذا يؤكد الخبراء على ضرورة البقاء داخل المنشآت أثناء الزلزال .



(الطرق العريضة فى مدينة سابورا باليابان)

ويتم تصميم بعض المبانى الحديثة الآن على أساس وجود فراغات فى صورة جراج للسيارات وهذه الفراغات تقف على مجموعة من الأعمدة الأسمنتية ، وهذا النوع من المبانى سرعان ما ينهار أمام الهزات الأرضية القوية .

وفى عام ١٩٧٩ تعاونت كل من اليابان والولايات المتحدة من وضع برنامج يهدف إلى تقييم صلاحية الهياكل المعمارية التى تم تصميمها لتناسب المناطق المعرّضة للزلازل ، وقد أجريت فى معهد بحوث البناء فى تساكابا باليابان تجارب وبالمقياس الحقيقى وبنفس نمط مظاهر الزلزال الحقيقى من حيث الإزاحة الجانبية أو الاهتزاز .

أما الحركة الجانبية والتى عادة ما تزيد فى الأدوار العليا فقد تم تحقيقها فى هذه التجارب من خلال جذب نموذج مكون من سبعة أدوار بواسطة روافع هيدرولوجية فى محاطاة لقوى القصور الذاتى التى تتم أثناء زلزال مدته ١٥ ثانية ، وقد لوحظ أن أفدح الأضرار حدثت عندما وصلت درجة الميل إلى حوالى ٢٣ سم حيث تصدعت الحوائط ذات التحميل الكبير ، وقد أجريت عمليات ترميم ناجحة للأضرار الشديدة التى حدثت للمبنى عن طريق حقن التشققات بمواد مناسبة ، وعمل دعامات أو استبدال الأعمدة الصلب التالفة داخل الأسمنت ثم أعيدت التجربة مرة أخرى فاتضح أن عمليات الترميم التى أجريت قد أعادت للمبنى كامل صلابته .

هذا وتعتبر الإنشاءات المضادة للزلازل لاتزال فى حكم التقنية الجديدة إلى حد ما ولو أن هناك بعض الأسس المحددة والمعروفة ، منذ فترة ، وتتلخص هذه الأسس فى أن المبانى الخرسانية الغير مسلحة أو الجيرية تعتبر من أكثر الإنشاءات تعرضاً للخطر الزلزالى ، أما تلك المنازل ذات الدور الواحد أو الهيكل الخشب فتعتبر أقل الإنشاءات تعرضاً للخطر .

وهناك اتجاهان لتقييم المبانى متعددة الطوابق ذات الهيكل الصلب حيث يرى العديد من المهندسين فى أمريكا أن المبانى يجب أن تكون مرنة إلى أقصى حد ممكن .

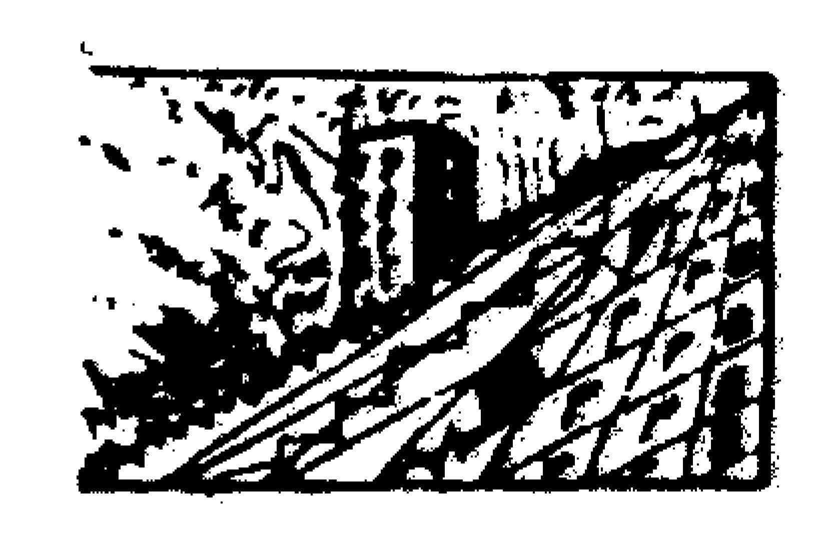
أما الفريق اليابانى من المهندسين فيفضل المبانى الصلبة المتماسكة ويستندون فى رأيهم هذا إلى نتائج الزلزال المدمر الذى هاجم سنداى باليابان عام ١٩٧٨ حيث ظلت المبانى الصلبة متماسكة وسليمة ، ويرى الفريق اليابانى أن ناطحات السحاب ذات الهياكل المرنة بالرغم من أنها قد تصمد أمام أحد الزلازل إلا أنها قد تعرضت أيضاً لبعض الأضرار مثل الالتواء وتتأثر قطع الأثاث والأشياء الأخرى المتحركة والتى اصطدمت بالحوائط والأفراد .

ولعل ذلك التصميم المعمارى الذى يقام فوق قاعدة ضخمة ماصة للصدمات يعتبر من أكثر التصميمات الهندسية أماناً أثناء الزلزال ، وهذا النوع من الإنشاءات لا يعتبر جديداً حيث قد تم تنفيذه بالفعل فى مراكز قيادة فرق المدفعية .

ويبدو أن اليابان أكثر قلقاً بالنسبة لهذه المشكلة حيث تنفق ما يقرب من ٣ بليون دولار سنوياً فى مجال الحماية من الزلازل بينما تخصص الولايات المتحدة حوالى ٧ مليون دولار فقط .

وأخيراً لابد لنا أن نعترف بأن الإنسان يعتبر أحد العوامل التى تلعب دوراً هاماً فى كارثة الزلازل بعد أن تبين لنا مدى مشاركة تلك المبانى التى تقع فوق رؤوس سكانها فى مسئولية نشر الموت والدمار جنباً إلى جنب مع الزلازل .

ـ تم بحمد الله ـ

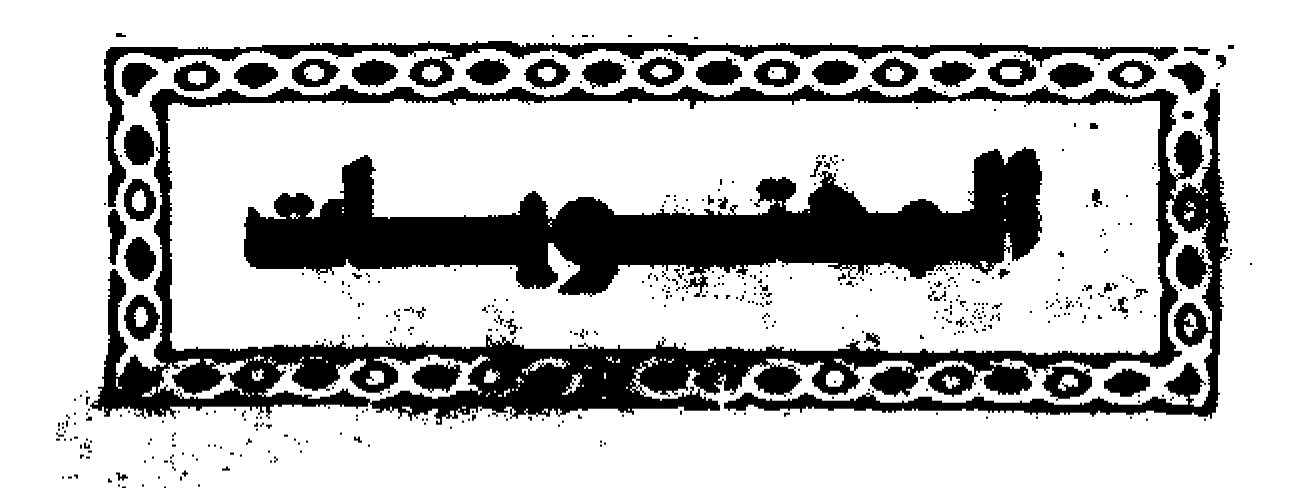




1 – Volcanoes and Earthquakes
by : Jon Ericksan.

2 – Volcanoes and Earthauakes
by : Terry Jennings.

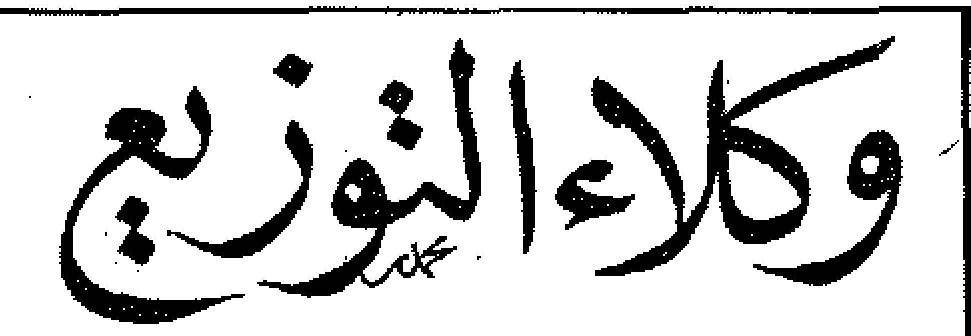
3 – All about Volcanoes and Earthauakes
by : Fredrick H, Pough.



الموضوع | الصفحة



٣١٥٦ — ١٩٩١



وكلاء التوزيع

السعودية

مكتبة الساعي

الرياض : ت ٤٣٥٣٧٦٨ فاكس ٤٣٥٥٩٤٥ فرع جدة ت ٦٥٣٢٠٨٩
القصيم - بريدة : ت ٣٢٣١٤٣٤ - المدينة المنورة - ت ٨٢٤٢٧٧٥
ص.ب : ٥٠٦٤٩ - ١١٥٣٣ الرياض

كنوز المعرفة

جدة ت ٦٥١٠٤٢١ فاكس ٦٤٤٢٢٧٣ ص.ب : ٣٠٧٤٦ جدة ٢١٤٨٧

المغرب

دار المعرفة

40 شارع فيكتور هيكو - الدار البيضاء
ص.ب : 4150 ☎ 300567 - 309520

المكتبة السلفية

12 حي الداخلة - زنقة الإمام القسطلاني - الدار البيضاء
☎ 307643

الإمارات

دار الفضيلة

دبي - ديرة - ص.ب ١٥٧٦٥ ت ٦٩٤٩٦٨ فاكس ٦٢١٢٧٦

البحرين

دار الحكمة

ص.ب : ٢٣٨٧٥ هاتف ٣٣٦٠٣٢